This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

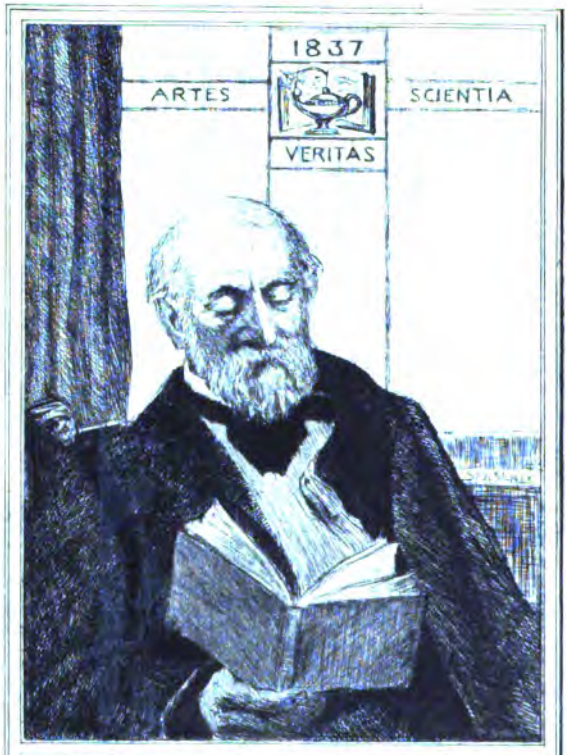
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 909,918



UNIVERSITY OF MICHIGAN
HENRY VIGNAUD
LIBRARY

GB
281
.H91
Zf
1843

vignaud

ASIE CENTRALE.

RECHERCHES

SUR LES

CHAINES DE MONTAGNES

ET LA CLIMATOLOGIE COMPARÉE.

III.

A. PIHAN DE LA FOREST,
Imprimeur de la cour de cassation
rue des Noyers, n. 37.

ASIE CENTRALE.

RECHERCHES

SUR LES

CHAINES DE MONTAGNES

ET LA CLIMATOLOGIE COMPARÉE;

PAR A. DE HUMBOLDT.

TOME TROISIÈME.

PARIS,

GIDE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS.

1843.

Vignaud lib.

CONSIDÉRATIONS
SUR LA TEMPÉRATURE
ET L'ÉTAT HYGRONOMÉTRIQUE
DE L'AIR
DANS QUELQUES PARTIES DE L'ASIE,
ET SURTOUT
DANS LA RUSSIE ASIATIQUE.

La configuration de l'Asie centrale ou Haute-Asie, et la grande *dépression* de la partie N.-O. (le Kaptchak, le Kharesm, les bassins de la Caspienne et de l'Aral, le Touran des orientaux), exercent une influence puissante sur le climat et la succession des phénomènes météorologiques. Le tableau géologique d'un continent est par conséquent intimement lié à la Climatologie et à la Géographie des végétaux. Je consignerai dans ce troisième volume quelques fragments des mémoires que j'ai lus dans les séances de l'Institut pendant le cours des mois de mai et de juin de l'année 1831. Je tâcherai de rectifier les résultats partiels surtout ces éléments numériques qui font la base

424334

principale des considérations de la *climatologie comparée* et auxquels de nouvelles recherches ont permis de donner un plus haut degré de précision.

On a reconnu que dans l'état actuel de nos connaissances, la forme des terres, la configuration du sol considérée dans son étendue horizontale ou selon l'inégalité de courbure de sa surface, la position relative des masses opaques (continentales) et des masses diaphanes et liquides (pélasgiques), la direction des grands systèmes de montagnes et la prépondérance relative de certains vents, déterminée par les pouvoirs calorifiques (absorbants et émissifs) de l'enveloppe du globe, sont les causes les plus générales de la différence des climats. De grandes vues géographiques peuvent seules guider dans les recherches sur les températures de l'Asie. En voyant augmenter rapidement la rigueur des hivers, à mesure que sur un même parallèle de l'Europe occidentale on se dirige vers l'est, on a expliqué longtemps[1] ce phéno-

[1] Voyez les opinions de Gmelin, de Strahlenberg et de Mairan, dans les *Mém. de l'Acad.* 1765, p. 255.

mène par un exhaussement progressif du sol en vastes plateaux; on a attribué à une seule cause frigorifique et à une cause faussement supposée existante dans une immense étendue, ce qui appartient à plusieurs causes à la fois, surtout à l'élargissement uniforme de l'ancien continent vers l'est, à l'éloignement des côtes, c'est-à-dire d'un bassin de mer, réservoir d'une chaleur peu variable, placé à l'ouest; aux vents occidentaux, qui sont des vents de terre pour l'est de l'Europe et pour toute l'Asie et qui dominent au nord du tropique. Des mesures barométriques précises ont entièrement changé les idées qu'on s'était formées de l'exhaussement du sol dans cette partie du monde. Le seuil, ou point culminant, entre la Mer Noire et le Golfe de Finlande, atteint dans le Waldaï, d'après les mesures barométriques de M. de Helmersen et du comte de Kayserling, à peine 170 ou 180 toises de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan. Les sources du fleuve Volga, un peu à l'occident de l'Ozero Seliger[1], n'ont pas 140 toises d'élévation ab-

[1] Ce n'est pas de ce lac, duquel découle le Seleskharowka Reka, mais d'un terrain plus occidental près

solue, d'après un nivellement par stations de MM. Hess et Helmersen[1]. On donnait jadis[2], et l'abbé Chappe se vantait d'une certitude de 2 toises, à la ville de Moscou, au niveau de la rivière Moscowa, la hauteur de 269 toises; mais ce point, placé entre le *Haut-Wolga* et le bassin de l'Oka, par conséquent sur la pente méridionale du continent qui s'abaisse depuis le *seuil* ou la *ligne de faîtes* du Waldaï vers la Mer Noire et la Caspienne, atteint à peine 60 toises d'élévation absolue. Kazan, près du *cours moyen* du Volga, n'a peut-être pas 10 toises au-dessus du niveau de l'Océan (non

du village Volgina Verkhovie, que naît le majestueux Volga. Il passe d'abord les lacs Verkhi et Stersch, et se réunit plus tard aux eaux du Seliskharowka Reka, (Le Munamägi, au sud de Dorpat, n'a que 166 t.)

[1] *Notes manuscrites* de ce savant qui, conjointement avec son ami, M. Hofmann (le géologue du dernier Voyage autour du monde entrepris par le capitaine Kotzebue), m'a accompagné dans l'Oural méridional, comme de Slatoust à Orenbourg et à la mine de sel gemme (Ilezkaya Sachtchita), dans la steppe des Kirghiz.

[2] Chappe, *Voyage en Sibérie*, t. II, p. 485 et 502. *Journ. de Phys.* t. XXXIX, p. 40.

au-dessus du niveau de la Mer Caspienne), en supposant, avec M. Arago, la hauteur barométrique moyenne[1] océanique réduite à zéro de température, de 760^{mm},85.

Le peu de hauteur à laquelle ont été soulevées les masses continentales dans l'est de l'Europe, est très-digne d'attention si l'on considère ce phénomène sous le point de vue du *relief moyen* des continents, en faisant abstraction du phénomène partiel et plus récent des chaînes de montagnes et des intumescences locales que présente quelquefois le sol des plaines dans le voisinage des chaînes. Moscou et Kazan, où MM. Perewostschikoff, Simonoff et Lobatchewsky ont fait un si grand nombre d'excellentes observations barométriques, et avec des instruments comparés entre eux et aux baromètres de Fortin à l'Observatoire de Paris, sont placés au milieu de vastes terrains couverts de formations tertiaires, secondaires et houillères, à la grande distance de 115 et 160 lieues[2] (de 20 au degré

[1] Voyez ma *Rel. hist.* t. III, p. 314 et 356.

[2] Plus que toute la largeur de la France ou de l'Allemagne. Il y a 200 lieues de Kazan à la Mer Glaciale,

équatorial) de la Mer Caspienne, de celle d'Azof et du Golfe de Finlande. Une convexité de la superficie également faible se retrouve dans la partie centrale de la Pologne où, d'après M. Eichwald[1], la ferme de Belin, près de Pinsk, n'est élevée que de 68 toises, et le plateau d'Osmana de 147 toises, cé qui correspond presque aux faibles hauteurs de Moscou et du sommet du Waldaï. Déjà Strabon (livre VII, p. 306 Cas.) observe « que tout le continent boréal, depuis la Germanie jusqu'aux bords de la Caspienne, est une vaste plaine. »

Les plaines baltiques et sarmatés de l'est de l'Europe sont séparées des plaines sibériennes du N.-O. de l'Asie par la chaîne de l'Oural qui, des 54° aux 67° de latitude, de l'Iremel et Grand-Taganaï au Kondjacowski-Kamen et au parallèle d'Obdorsk, offre des sommets de 548 à 840 toises de hauteur, et qui est comparable, dans sa ligne de faîtes,

[1] Voyez *Naturhistorische Skizze von Lithauen, Volhynien und Podolien*, 1830, p. 106, 255. En Volhynie, le partage d'eau est dans le plateau d'Awratyne, où naît le Bug (l. c. p. 72). Smolensk a 132 t.

aux chaînes peu élevées des Vosges, du Jura, des Gates et de la Cordillère aurifère et platinifère de Villarica, au Brésil. L'Oural fixe notre attention par son étendue et la constance de sa direction depuis l'Oust-ourt, dans l'isthme des Troukhmènes, entre la Caspienne et l'Aral, jusqu'au-delà du cercle polaire, où, à l'est de l'Obi, M. Adolphe Erman en a mesuré quelques cimes de plus de 780 toises d'élévation au-dessus du niveau de la Mer Glaciale. Dans la partie centrale, par les 56° 49′, un peu à l'ouest de la ville de Iekatherinbourg, cette *ceinture* (Poyas) ou muraille rocheuse dans laquelle prédominent les formations de diorite (grünstein), de serpentine et de schiste talqueux, étroitement liées, présente des cols dont la hauteur absolue excède à peine les hauteurs des villes de Genève et de Ratisbonne.

Des bruyères du Brabant septentrional on peut se diriger de l'ouest à l'est, même à travers les *passages* de l'Oural, jusqu'aux steppes asiatiques qui entourent la pente occidentale des Monts Altaï, et à la Dzoungarie chinoise, sur une étendue de 80° en longitude, sans franchir une hauteur de 12 ou 1300 pieds. Je caracté-

qui communiquent avec celles du Lac Dzaisang, entre les parallèles de 48° et 50° et par une longitude de 16° plus orientale que Tobolsk. La moyenne des observations[1] que nous avons recueillies en différentes saisons, MM. Ledebour, Bunge, Hansteen, Gustave Rose et moi, donnent à ce terrain et à une grande partie de la steppe des Kirghiz, à peine une hauteur de 130 à 160 toises au-dessus du niveau de l'Océan. Nous attendons avec impatience les rectifications de ces résultats par la publication des intéressants travaux astronomiques, barométriques et magnétiques de M. Fedorow.

La position des différents systèmes de montagnes (soit en chaînes continues, soit en groupes isolés ou sporadiques), et le rapport de ces systèmes aux plaines plus ou moins élevées, exercent une grande influence sur la distribution des températures et leur mélange effectué par des courants atmosphériques. Il serait d'un vif intérêt pour la climatologie de

[1] Ledebour und Bunge, *Reise nach dem Altai*, t. I, p. 402-410. Hansteen dans Schumacher, *Astron. Nachrichten*, 1830, n. 183, p. 294.

connaître d'une manière approximative l'*area* du pays montueux et des plaines de l'Asie; mais ces évaluations sont encore peu discutées et très-défectueuses. J'ai trouvé pour l'Amérique méridionale, sur laquelle je possède des données suffisamment précises, le rapport de la région montueuse à celle des plaines, comme 1 : 4; et, dans cette vaste partie du Nouveau Continent, l'arête principale, la Cordillère des Andes, soulevée comme sur une crevasse de peu de largeur, occupe, malgré son étendue de 1280 lieues marines, à peine un *area* aussi grand que celui des groupes ou *massifs* peu élevés de la Parime et du Brésil [1]. Dans l'Amérique du sud, comme en Asie et en Europe, la ligne de faîtes la plus haute (celle des Andes, de l'Himalaya et des Alpes), loin d'être centrale, est la plus rapprochée de côtes opposées à celles vers lesquelles se prolongent les plaines les plus étendues [2].

Les basses regions du nord de l'Ancien Continent, de l'Escaut au Ienisseï, régions

[1] Voyez ma *Rel. hist.* t. III, p. 243.
[2] L. c. p. 232, 234.

dont la hauteur moyenne n'excède pas 40 à 50 toises, communiquent au sud des 51° $\frac{3}{4}$ de latitude, dans le parallèle d'Orenbourg et de Saratow, avec la grande *concavité* ou *dépression* de l'ouest de l'Asie autour de l'Aral et de la Caspienne; phénomène de dépression qui se trouverait répété sur plusieurs points de l'intérieur des continents, si, du fond des bassins que la nature a creusés dans les roches cristallines ou de formations secondaires, on pouvait ôter les recouvrements tertiaires ou les dépôts d'attérissement qui constituent la surface actuelle du globe. Al'ouest de l'Oural, les plaines de la Russie méridionale inclinent, dans l'ancien Kaptchak, vers le gouffre de la Caspienne, et en désignent le long du Iaik, entre Ouralsk et Gourief comme le long du Volga, entre Sarepta et Astrakhan, la limite septentrionale. L'arête de l'*Obchtcheï Syrt*, confusément figurée sur nos cartes, n'interrompt cette communication entre le bassin de la Caspienne et les plaines de Simbirsk, que sur une petite longueur. Elle se détache (en chaînon) de l'Oural Bachkire au sud du Mont Iremel, là où près de Belorezk la Belaja (affluent du Kama) brise la chaîne. A l'est de l'Oural, ou plutôt de son chaînon le plus

oriental, appelé Monts d'Ilmen, Djambou Karagaï et Kara Edir Tau, les grandes steppes sibériennes du Tobol et de l'Ischim inclinent aussi dans une direction sud (comme la vaste steppe des Kirghiz, le long des fleuves Tourgay et Sarasou, dans une direction E.-O.) vers le *pays-cratère* de l'Aral et du Sihoun. Cette dépression du terrain, effet de la rupture et de l'affaissement d'une voûte (dépression probablement antérieure au soulèvement des différents systèmes de montagnes, et coïncidant avec l'intumescence des grands plateaux), se prolonge entre les 3° et 65° de longitude, des plaines belges, sarmates et sibériennes jusqu'au pied de l'Hindou-Kho et du groupe de montagnes du Haut-Oxus par les 35° et 36° de latitude, tandis que plus à l'est, ces plaines se trouvent limitées, déjà au sud du parallèle de 53°, par l'Altaï et le Tangnou. La concavité de la Caspienne, de l'Aral et du Maveralnahar, n'est cependant de longtemps pas assez considérable pour influer, à cause de sa dépression seule, d'une manière sensible sur l'élévation de la température moyenne et des chaleurs d'été; c'est son enclavement particulier qui lui donne, au sud de l'Aral et du désert de Kizil-Coum, un

climat qui ne ressemble pas à celui des régions voisines. Diversifié de forme, partagé en plusieurs petits bassins, entre les rives de l'Iaxarte et l'Oxus, le fond de cet affaissement continental, qui est resté à sec, offre, depuis l'époque des plus anciennes migrations des peuples, un caractère d'individualité politique très-remarquable. C'est là même, et sur le bord sud-est de l'affaissement, que se sont conservées indépendantes, je pourrais dire *stéréotypes*, à travers les siècles (comme jadis en Allemagne, à la fin du moyen-âge), un grand nombre de petites sociétés, connues sous le nom des états de Khiva, de Bokhara et Samarkand, de Kokand et Tachkend.

A l'est du méridien du Bolor, entre l'Altaï et la chaîne de l'Himalaya, il n'existe pas un *plateau central de la Tatarie*, grand comme la Nouvelle-Hollande. La continuité et l'antique civilisation de ce plateau, proclamées par les géographes et les historiens du dernier siècle, doivent être également révoquées en doute. On peut concevoir, dans le langage de la Géologie scientifique, d'après une certaine échelle de hauteur, différents *ordres de pla-*

teaux [1]. Nous les avons énumérés plus haut [2] depuis les petits plateaux d'Auvergne et de Bavière jusqu'aux plaines qui entourent le lac de Titicaca de l'Amérique méridionale. L'illustre Pallas [3] donnait au désert de Gobi l'élévation moyenne de la ville de Quito (1492 toises); telle peut être sans doute la hauteur de quelque intumescence locale du Tubet, entre les chaînes du Kouen-lun et de l'Himalaya ; mais la hauteur moyenne du Gobi , entre le Lac Baikal et le grand mur de la Chine , n'est , d'après les mesures précises de MM. Fuss et Bunge, que de 660 toises. Dans le langage vulgaire, le mot de *plateau* (*table-land*) ne s'applique qu'à des intumescences du sol qui agissent sensiblement sur l'âpreté du climat, par conséquent, hors des tropiques, à des hauteurs au-dessus de trois à quatre cents toises, et lorsque Strahlenberg a dit que les plaines de la Sibérie au-delà de l'Oural, qu'il nomme les Monts Riphés, sont «comparées aux plaines d'Europe

[1] Voyez ma *Rel. hist.* t. III , p. 208 , note 7 ; Ritter , *Asien*, t. V, p. 340.

[2] T. I , p. 10.

[3] *Acta Acad. Petrop.* 1777, P. I , p. 38.

ce que serait une *table* comparée au plancher sur lequel elle est placée, » il n'avait certainement pas soupçonné que les plaines centrales de la Dzoungarie chinoise n'avaient pas la hauteur du Lac de Constance ou de la ville de Munich. Les plaines dans lesquelles je me suis trouvé, en 1829, au nord du Lac Dzaïsang, communiquent, autour des monts Tarbagataï, avec les plaines de la province d'Ili, avec les Lacs Alaktougoul et Balcachi et les rives du Tschoui. Dans le bassin entre le Thian-chan (les Monts Célestes) et le Kouen-lun (chaîne septentrionale du Tubet), bassin qui est fermé à l'ouest par la chaîne transversale du Bolor, la comparaison des latitudes et de certaines cultures, manifeste partout le peu d'élévation des plateaux sur de grandes étendues. A Kachghar, Khoten, Aksou et Koutché, dans le parallèle de la Sardaigne, on cultive le coton ; dans les plaines de Khoten, sous une latitude qui n'est pas plus méridionale que la Sicile, on jouit d'un climat extrêmement doux et on élève un nombre prodigieux de vers à soie. Plus au nord, à Iarkand, Hami, Kharachar et Koutché, la culture du raisin et des grenades est célèbre depuis la plus haute antiquité. La déclivité

qu'affecte le terrain dans le bassin de Khoten, fermé à l'ouest, se trouve (ce qui est assez remarquable), en *contre-pente* de la déclivité du bassin ouvert à l'ouest de la province d'Ili ou du Thian-chan-Pelou. Même à l'est du Tangout, le haut plateau (ou désert pierreux) du Gobi méridional, paraît offrir un sillon et une dépression considérables ; car, d'après M. Klaproth, d'anciennes traditions chinoises rapportent que le Tarim, qui se perd aujourd'hui dans le Lac Lop, traversait jadis ce lac, et mêlait ses eaux à celles de la Rivière Jaune, phénomène qui prouve la formation récente d'une *arête de partage* par des attérissements propressifs et qui se lie à d'autres phénomènes d'*hydrographie comparée* que j'ai exposés dans la Relation historique de mon voyage aux régions équinoxiales du Nouveau-Continent [1].

Il résulte de l'ensemble de ces considérations sur la configuration du sol de l'Asie, que la partie centrale renfermée entre les parallèles de 30° et 50°, et entre les méridiens du Bolor ou de Kachmir et du Lac Baikal ou de

[1] T. II, p. 75 et 525.

la grande sinuosité du Fleuve Jaune, est un terrain à niveau très-varié, assez bas vers le N.O. mais offrant plus à l'est de vastes étendues de pays dont l'élévation est probablement celle de plateaux d'un *ordre inférieur* et analogues aux plateaux de la Bavière, de l'Espagne ou du Mysore. On a lieu de soupçonner que des intumescences du sol comparables aux hautes plaines de Quito et de Titicaca (1500-2000 t.), ne se trouvent principalement qu'entre la *bifurcation* de la chaîne de l'Hindou-Kho, dont les deux branches sont connues sous les noms d'Himalaya et de Kouen-lun, par conséquent dans le pays de Ladak, du Tubet et de Katchi, dans le grand nœud de montagnes autour du Khoukhou-Noor et dans le Gobi au nord-est de l'Inchan.

Nous venons de voir que l'Asie centrale, divisée en bassins par des chaînes de montagnes de différentes directions et de différents âges, offre au développement de la vie organique et à l'établissement des sociétés humaines, de chasseurs (sibériens), de pasteurs (kirghiz et kalmoucs), de peuples agricoles (chinois) et de *peuples-moines* (tubétains), une diversité de plaines et de terrasses, des *hauts-fonds* dans

l'océan aérien qui modifient d'une manière prodigieuse les températures et les climats. Une triste uniformité règne dans les steppes, depuis les rives du Sihoun (Iaxarte) et la petite chaîne de l'Alatau jusqu'à la Mer Glaciale; mais au-delà du Ienisseï, à l'est du méridien de Sayansk, et surtout au-delà du Lac Baikal, la Sibérie même prend un caractère montueux et agréablement pittoresque.

La première base de la climatologie est donc la connaissance précise des inégalités de la surface d'un continent. Sans cette connaissance *hypsométrique*, on attribuerait à l'élévation du sol ce qui est l'effet d'autres causes qui influent, dans les basses régions (dans une surface qui a une même courbure avec la surface de l'Océan), sur l'inflexion des lignes isothermes. Lorsqu'on avance du nord-est de l'Europe vers l'Asie, au-delà des 46° ou 50° de latitude, on trouve à la fois une diminution dans la température moyenne de l'année, et une distribution plus inégale de cette température entre les différentes saisons, distribution qui est due à la forme continentale de l'Asie (forme à grandes masses peu sinueuses) et à la position particulière de ce continent par rapport à l'é-

quateur, aux glaces polaires et à l'influence des vents occidentaux. C'est sous l'influence des circonstances dont je viens de faire mention, que l'Europe et l'Asie offrent les contrastes suivants :

L'Europe, à configuration sinueuse, interrompue par des golfes et des bras de mers, étranglée d'espace en espace, *articulée* [1] pour ainsi dire, forme la partie occidentale de l'Ancien Continent : elle n'est qu'un *prolongement péninsulaire de l'Asie*, comme la Bretagne à

[1] « Incipiendum est ab Europa cujus et forma multiplex (πολυσχήμων) est et ipsa virorum virtute præditorum ac civium feracissima. Tota enim habitationi apta est, demta exigua partione quæ ob frigus incoli non potest, contermina Hamaxicis ad Tanain, Mœotidem et Borysthenem incolentibus. » Strab. lib. II, p. 126 Cas. Eratosthène et Polybe ont énuméré les premiers ces *articulations* et *prolongements péninsulaires* qui caractérisent l'Europe, et qui ont exercé une influence si bienfaisante sur les progrès de la culture. C'est donc chez les anciens que les géographes modernes ont puisé les premières idées sur l'*influence des formes continentales*. Strabon (lib. II, p. 92 et 108) n'a pas nié les faits, mais il conteste avec humeur la simplicité des trois ou six *prolongements péninsulaires* désignés par ses devanciers. Il trouve la forme d'Europe encore plus compliquée, beaucoup plus articulée qu'eux.

hivers très-doux et à étés peu ardents est un prolongement péninsulaire du reste de la France. L'Europe reçoit, comme vents prédominants, les vents d'ouest, qui sont pour les parties occidentales et centrales des vents de mer, des courants qui ont été en contact avec une masse d'eau dont la température, à la surface, même au mois de janvier, ne s'abaisse pas (par les 45° et 50° de latitude) au-dessous de 10°,7 et 9° cent. L'Europe jouit de l'influence bienfaisante d'une large zone tropicale terrestre (celle de l'Afrique et de l'Arabie), placée entre les méridiens de Lisbonne et de Kasan, s'échauffant, par l'absorption des rayons solaires, bien autrement à sa surface qu'une zone tropicale océanique, et déversant, par l'effet des courants ascendants, des masses d'air chaud sur les pays plus rapprochés du pôle nord. L'Europe, considérée, dans sa configuration générale, comme un *prolongement péninsulaire* occidental de l'Asie, a d'autres avantages qui n'ont pas été suffisamment appréciés jusqu'ici. Tels sont le moindre et inégal développement continental vers le nord, la forme oblique, la direction du sud-ouest au nord-est. La partie continentale de l'Europe,

presque dans tout le premier tiers occidental de sa longueur, ne s'élève pas au-delà du parallèle de 52°. Un autre tiers plus central, agrandi par la Scandinavie, est traversé par le cercle polaire. Dans le tiers le plus oriental, à l'est du méridien de Saint-Pétersbourg, où le continent élargi prend tout le caractère d'un climat asiatique, le cercle polaire ne fait que raser la côte septentrionale ; mais cette côte est baignée par une zone de la Mer Glaciale, dont la température hivernale est bien différente de celle qu'offre cette même mer à l'ouest du cap Nord. La direction de la grande *vallée océanique* qui sépare l'Europe et l'Amérique, et l'existence de ce fleuve d'eau chaude (*Gulf stream*) qui la traverse d'abord du S.S.O. au N.N.E., et puis de l'O. à l'E., et qui longe les côtes de la Norvège, influent puissamment sur les limites des glaces polaires, sur les contours de cette ceinture d'eau congelée et solide qui ouvre un vaste golfe aux eaux liquides entre le Groënland oriental, l'Ile des Ours et l'extrémité septentrionale de la péninsule Scandinave. L'Europe jouit de l'avantage de se trouver placée vis-à-vis de ce golfe, d'être par conséquent séparée de la

ceinture de glaces polaires par une mer libre. En hiver cette ceinture avance jusqu'au parallèle de 75° entre la Nouvelle-Zemble, l'embouchure de la Léna et le détroit des Ossements, près de l'Archipel de la Nouvelle-Sibérie; en été elle se retire, dans le méridien du Cap Nord, et plus à l'ouest, entre le Spitzberg et le Groënland oriental, vers le nord jusqu'aux 80° et 81° de latitude. Il y a plus encore : la *limite hivernale* des glaces polaires, c'est-à-dire la ligne sur laquelle les glaces se rapprochent le plus en hiver de l'Europe continentale, n'enveloppe pas même l'Ile des Ours, et, dans la saison la plus froide de l'année, on peut naviguer librement du Cap Nord au promontoire austral du Spitzberg, à travers une mer dont la température est élevée par des courans d'eau du sud-ouest. Les glaces polaires diminuent partout où elles trouvent une libre issue vers le cercle polaire, comme c'est le cas dans la baie de Baffin, et entre l'Islande et le Spitzberg[1]. Le capitaine Sabine

[1] Voyez mon mémoire sur les causes principales de la différence de température à la surface du globe (en allemand) dans les *Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1827, p. 311, 312.

a trouvé, par les 65° et 70° de latitude, la température moyenne de l'Océan Atlantique, à sa surface, de 5°,5 cent. quand par ces mêmes latitudes, sur le continent européen, les températures moyennes de l'année sont déjà de plusieurs degrés au-dessous de zéro[1]. Il serait superflu de rappeler ici quelles modifications calorifiques les vents septentrionaux doivent éprouver par cette configuration relative des terres et des glaces polaires, lorqu'ils parviennent dans le nord-ouest de l'Europe, et déposent les vapeurs qu'ils amènent.

Le continent de l'Asie s'étend de l'est à l'ouest, au-delà du parallèle de 70°, sur une étendue treize fois plus longue que l'Europe : entre les bouches du Ienisseï et de la Lena, il atteint même les 75°, c'est-à-dire la latitude de l'Ile des Ours. Partout ses côtes septentrionales touchent la limite hivernale des glaces polaires; la limite estivale de ces glaces ne s'éloigne des côtes que sur quelques points et pendant un court espace de temps. Les vents du nord, dont aucune chaîne de montagne[2]

[1] *Exper. on Pend.* p. 456.

[2] Pallas, *Acta Petropol.* 1777, P. I, p. 29.

ne modère la force dans des plaines ouvertes, à l'ouest du méridien du lac Baikal, jusqu'aux 52°, et à l'ouest du méridien du Bolor, jusqu'aux 38° et 36° de latitude, traversent une nappe de glace couverte de neiges. Cette nappe prolonge pour ainsi dire le continent, d'un côté vers le nord jusqu'au pôle, de l'autre vers le nord-est jusqu'à cette région du *maximum du froid*, que sir David Brewster[1] croit placée par les 78° de longitude orientale, et M. Erman près du cap Taimoura, 9° plus à l'est. L'Asie continentale n'offre à l'action solaire qu'une très-petite portion de terres placées sous la zone torride. Entre les méridiens qui limitent ses extrémités orientales et occidentales, ceux du Cap Tchoukotskoi et de l'Oural (sur un immense espace de 121° en longitude), l'équateur traverse l'Océan; à l'exception d'une petite partie des îles de Sumatra, Bornéo, Celèbes et

[1] *Treatise on Magnetism*, 1837, p. 44. La proximité de ce *pôle de froid asiatique* se manifeste au nord du Baikal, comme la proximité du *pôle de froid américain* (long. 102° O.) se fait sentir lorsqu'on compare la température moyenne de l'île Melville (lat. 75°, long. 113° O.), que Parry évalue à — 18°, 5, à la température moyenne de l'atmosphère pélasgique, à l'est du Groënland (lat. 76° ¼, long. 3° O.) qui, d'après Scoresby, n'est que de — 7°, 5.

Gilolo, il n'existe dans ces parages aucune terre placée sous l'équateur. La partie continentale de l'Asie dans la zone tempérée jouit par conséquent beaucoup moins de cet effet des courants ascendants que la position de l'Afrique rend si bienfaisants pour l'Europe.

D'autres causes frigorifiques de l'Asie (en nous bornant toujours aux considérations générales, à tout ce qui caractérise en grand le climat du continent asiatique) sont sa configuration dans le sens horizontal, ou la forme de ses contours, les inégalités de sa surface dans le sens vertical, et sa position orientale par rapport à notre Europe. L'Asie offre une accumulation de terres en masses continues, sans golfes et sans prolongements péninsulaires considérables, au nord du parallèle de 30°. De grands systèmes de montagnes dirigés de l'est à l'ouest, et dont les chaînons les plus hauts semblent border la région la plus rapprochée de la zone torride, s'opposent, sur de grandes étendues, à l'accès des vents méridionaux. Des plateaux très-élevés, mais à l'exception de la Perse occidentale et du Tubet, bien moins continus qu'on les figure généralement, se trouvent distribués depuis le nœud de montagnes

de Kachmir et de Ladak, jusqu'aux sources de l'Orkhon, sur une immense longueur, dans la direction S. O. - N. E. : ils traversent ou bordent de basses régions, accumulent et conservent les neiges jusqu'au fond de l'été, et agissent par des courants descendants sur les pays voisins, dont ils abaissent la température. Ces plateaux varient et *individualisent* les climats à l'est des sources de l'Oxus, de l'Alatau et du Tarbagataï, au fond de l'Asie centrale, entre les parallèles de l'Hymalaya et de l'Altaï. Enfin l'Asie se trouve séparée par toute la longueur de l'Europe, d'une mer placée à l'ouest de ces *côtes occidentales*, qui sont toujours plus chaudes[1] sous la zone tempérée que les côtes orientales d'un continent. L'énorme élargissement de l'Europe, dans le sens des méridiens, *depuis le fond du Golfe* de Finlande, contribue à l'action frigorifique des vents occidentaux prédominants, qui sont des vents de terre pour cette partie de l'Ancien-Monde qui est placée à l'est du mur peu élevé de la chaîne de l'Oural.

[1] A moins que des courants froids pélasgiques n'en diminuent la température moyenne.

Les contrastes entre l'Europe et l'Asie que je viens d'indiquer sommairement, offrent l'ensemble des causes qui agissent simultanément sur les inflexions des lignes d'égale chaleur annuelle, et sur l'inégale répartition de cette moindre chaleur entre les différentes saisons, phénomènes qui deviennent surtout sensibles à l'est du méridien de Saint-Pétersbourg, là où le continent de l'Europe se lie à l'Asie boréale, sur une largeur de 20° en latitude. L'est de l'Europe et l'Asie entière (la dernière au nord du parallèle de 35°), ont un climat éminemment *continental*, en employant cette expression d'après les considérations exposées par M. Léopold de Buch, comme étant opposée à celle de *climat des îles* et des *côtes occidentales;* ils ont, par leur forme et leur position, par rapport aux vents de l'ouest et du sud-ouest, un *climat excessif*, analogue à celui des Etats-Unis de l'Amérique, c'est-à-dire des étés très-chauds succédant à des hivers excessivement rigoureux. Nulle part dans le monde, pas même en Italie ou dans les Iles Canaries, je n'ai vu mûrir de plus belles grappes de raisin qu'à Astrakhan, près des bords de la Mer Cas-

pienne (temp. moy. de l'année seulement 10°,2); et cependant, dans ce même lieu, et plus au sud, à Kislar, à l'embouchure du Terek (dans la latitude d'Avignon et de Rimini) on voit souvent descendre le thermomètre centigrade en hiver à 25° et 30° au-dessous de zéro. Aussi à Astrakhan, où, pendant des étés aussi ardents que les étés en Provence et en Lombardie, la force de la végétation est excitée par l'irrigation artificielle d'un sol imprégné de muriate de soude, est-on obligé d'enterrer les ceps de vigne à une très-grande profondeur. C'est cette même distribution si inégale de la chaleur annuelle entre les différentes saisons qui a rendu jusqu'ici la culture de la vigne, ou, pour mieux dire, la production d'un vin potable, si difficile aux Etats-Unis de l'Amérique, au nord du parallèle de 38°. Dans le système des climats européens, il faut, pour produire en grand du vin potable, non-seulement une température moyenne de l'année qui s'élève au-dessus de 9° ou 9°,8, et un hiver qui ne soit pas au-dessous de + 1° ou 1°,5, mais surtout un été qui excède pour le moins 18°,5. Les bons vignobles autour de Bordeaux jouissent d'une température

moyenne hivernale de + 6°, estivale de 21° à 21°,7, annuelle de 13°,5 à 14°. C'est cette proportion fixe dans la distribution de la chaleur qui détermine le cycle de la végétation, soit parmi les plantes qui tombent, pour ainsi dire, en léthargie hivernale, et ne vivent pendant ce temps que réduites à leur axe, soit parmi celles qui conservent (comme l'olivier) pendant l'hiver leur système appendiculaire, les feuilles. Nous ferons voir plus bas, par la comparaison de la chaleur estivale de la Normandie et de l'Angleterre avec celle de la France centrale et des bords du Rhin, combien, à égale indication du thermomètre dans l'air, l'action *directe* des rayons solaires est puissante par un ciel non brumeux, pour mûrir le raisin et pour produire de la chaleur dans le parenchyme des plantes.

La région soumise au sceptre de la Russie, plus grande que la surface de la lune que nous voyons, comprend les bandes isothermes (bandes d'égale chaleur annuelle) de + 16° à — 17° centésimaux. Le littoral de la Sibérie coupé par un grand nombre de golfes suit une direction *moyenne* de 70° de latitude, mais son promontoire le plus septentrional, le Cap

Nord-Est, ou Cap Taimura atteint les 78° 26′. J'ai déjà signalé dans un autre endroit (t. I, p. 199) l'analogie curieuse qu'offre cette péninsule des Samoyèdes sous le rapport des *maxima* d'étendue et de développement continental dans la direction de son méridien. Le Cap Taimura [1] approche du pôle deux degrés

[1] J'appelle, avec le grand géographe baron de Krusenstern, Cap Taimura, la pointe que d'anciennes cartes appellent Cap Nord-Est (*Sievero-Vostotchnoi*). C'est le cap à l'*est* de l'embouchure du fleuve Taimura, non le cap à l'*ouest* auquel des cartes très-récentes donnent faussement ce nom. « Le Cap Taimura, dit l'amiral Wrangel, est la pointe la plus boréale du continent d'Asie, et les relèvements exécutés en 1736 par le timonnier Tchemoksin en traîneaux (*nartes*) sur les glaces, paraissent si superficiels, que l'on peut regarder la position du cap le plus septentrional du continent, comme assez douteuse. » Le lieutenant Prontchichtchef qui fut enterré conjointement avec sa femme sur les rives inhospitalières de l'Olenek, ne s'éleva par mer au milieu des glaces que jusqu'à 77° 29′ de latitude, et encore cette latitude n'est qu'un résultat d'*estime*. D'ailleurs, le littoral gagne sur la mer dans tous ces parages du nord, comme le prouvent les bois flottants accumulés à 50 verst dans l'intérieur du continent. Le peuple dit que « la mer se retire. » Wrangel, *Reise längs der Nordküste von Sibirien*, 1839, t. I, p. 52 et 72; t. II, p. 256.

de plus que le cap septentrional de la Nouvelle-Zemble, le Cap Nassau[1] : il est même plus boréal que la moitié australe du groupe d'îles du Spitzberg. A partir des méridiens du Cap Taimura et de Malacca, on voit, vers l'est et vers l'ouest, décliner les côtes de la Mer Glaciale progressivement au sud. Les directions du littoral deviennent E. N. E.-O. S. O. et O. N. O.-E. S. E., en atteignant d'un côté dans la Mer Blanche, de l'autre vers le détroit de Behring, le parallèle de 60°. Tandis que les glaces forment, même en été, une digue impénétrable du nord de la Nouvelle-Zemble jusqu'au Cap Taimura et que, dès l'automne, elles se fixent entre les Iles de la Nouvelle-Sibérie et le Cap Swätoi,

[1] Des cartes très-récentes ont prolongé la partie septentrionale de la Nouvelle-Zemble depuis le Cap Nassau vers l'E. N. E. jusqu'au méridien de 75°, tandis que, d'après la belle carte de Ziwolka (1836), elle ne s'étend à l'est et au sud-est que jusqu'à 64° 40'. Il y avait donc erreur de plus de 10° en longitude. L'embouchure de l'Obi et le Golfe d'Obi même n'ont pas, vers le nord, dans la Mer de Kara, une terre qui lui soit opposée : cette terre de la Nouvelle-Zemble n'atteint que le méridien de la baie Karakaya, circonstance qui n'est pas sans influence sur les inflexions des lignes isothermes.

comme entre les rochers Baranow et le Cap Schelagkoi, les navigateurs russes ont constaté que, dans des latitudes plus septentrionales, il existe *une région ouverte* (*Polynja*) constamment dépouvue de glaces fixes. Cette région où les eaux conservent leur fluidité, commence à 25 verst au nord des Iles de Kotelnoi ou de la Nouvelle-Sibérie, et s'étend vers le méridien du Cap Jakan et du Cap Nord[1]. Les expéditions hardies entreprises pour la recherche de la *grande terre*[2] du Kosaque Andrejew (mythe géographique moderne qui rappelle le Grand Continent Cronien de Plutarque), ont rendu très-probable que la *Polynja* vue par Hedenström et le capitaine

[1] Lat. 68° 55′, long. 177° 39′. Il ne faut pas confondre trois caps du littoral de Sibérie dont les noms sont bien mal choisis, savoir le *Cap Nord-Est* (Cap Taimura), le *Cap Nord*, de 9° plus méridional, et le *Cap Est*, dans le détroit de Behring, au nord de Tchoukotskoy-Noss. Le *Cap Nord-Est* ou *Shalatzkoinoss* (lat. 68°. 56′, long. 178° 28′), très-différent du Cap Nord-Est ou Taimura (lat. 78° 26′), comme aussi du Cap Chalagskoi ou Erri (lat. 70° 5′, long. 168° 30′), paraît être le *Cap Nord* de Cook et de Wrangel.

[2] Placée (en 1763) au nord de l'embouchure de la Kolyma.

Anjou communique avec une plus grande étendue de mer ouverte qui approche du pôle à l'est du méridien d'Oustjansk (long. 133° $\frac{1}{2}$). Un tel fait n'est pas sans intérêt pour les considérations sur la distribution de la chaleur dans la région nord-est de l'Asie.

Nous venons de signaler des contrées qui atteignent probablement dans le Cap Taimura le parallèle de 78° $\frac{1}{2}$, où, près de l'embouchure de la Yana, la température moyenne de l'année[1] descend à plus de — 16°, où celle de l'hiver est de — 38° $\frac{1}{2}$. En nous portant vers l'extrémité sud de l'empire de Russie, nous devons signaler des essais de culture de coton et de canne à sucre. Le khanat de Talyschyn s'étend vers le sud jusqu'à 38° 20′ de latitude. C'est le parallèle qui traverse l'Espagne entre Valence et Carthagène, c'est une latitude presque aussi méridionale que Messine (38° 11′) et Smyrne (38° 25′), deux endroits dont les températures moyennes sont au-delà de celle d'Alger (17°,8). Le khanat de Talyschyn ou Talysch,

[1] J'ajoute comme terme de comparaison la distribution de la chaleur de l'île Melville (lat. 74° 47′, long. 113° 8′ ouest)

$$-18°,7 \frac{-33°,5}{+2°,8}.$$

une des provinces méridionales trans-caucasiennes cédées à la Russie par le traité de Tourkmantchai, est séparé de la Perse par la rivière Astara. Le commandant en chef de la Géorgie a fait établir sur les bords de la Lenkoranka des plantations de canne à sucre et d'indigo qui paraissent avoir quelque succès. (Dubois, *Voyage au Caucase*, t. IV, p. 97.) L'air de ces contrées, très-humide et extrêmement chaud pendant l'été, est des plus insalubres. Des grenadiers, des figuiers, le buis, la vigne sauvage, le Quercus castanæfolia Meyer, l'Acacia Julibrissin, Gleditschia caspia Desf., Tournefortia Arguzia Rob. Brown, végètent dans ces contrées. Pas d'orangers, pas de palmiers, guères plus que sur les côtes de la Tauride. Un degré plus au nord, dans la plaine de Sallian, à l'est de la fameuse steppe de Mouganj, la culture du coton est ancienne et productive[1]. Les irrigations se font par des ca-

[1] Comparez Eichwald, *Periplus des Caspischen Meeres*, t. I, p. 443. Hohenacker, *Enumer. Plantarum in Prov. Talysch sponte crescentium*, dans le *Bullet. de la Soc. de Moscou*, 1838, n° 3, p. 231-330 et n° 4, p. 337-406. Fellkner, dans l'*Annuaire des Mines de Russie pour* 1837, p. 122 et 125. — Les montagnes du Taly-

naux qui reçoivent leurs eaux du Kour (le Cyrus des anciens), dont les rives fertiles ont déjà été citées par Strabon[1].

J'ai cru qu'il serait bon de réunir dans un même tableau les seuls éléments numériques de la *climatologie de l'empire russe* qui se fondent sur des observations diurnes. J'ai cru devoir m'arrêter à 30 points sur l'immense espace qui s'étend de 73° à 41 $\frac{3}{4}$ de latitude (de la Nouvelle-Zemble et d'Ustyansk à Tiflis), et de 20° à 156° de longitude (d'Abo au Kamtschatka). Les tables de températures moyennes, fondements principaux d'une connaissance générale de la distribution de la chaleur sur le globe, ne peuvent être perfectionnées que progressivement, comme les tables qui renferment les éléments numériques du système du monde. Il ne s'agit pas seulement de bien observer, en

schin s'élèvent, selon Meyer et Hohenacker qui ont parcouru ces fertiles et insalubres contrées, jusqu'à mille toises de hauteur et paraissent tenir à la fois à la chaîne de l'Elbrouz persan et du Demavend (continuation de l'Hindou-Kho) et au nœud de montagnes des Lacs Ourmia et Van. Elles forment une de ces chaînes *méridiennes* qui préludent à celle du Zagros et se répètent en plusieurs rides N.-S.

[1] Livre XI, p. 502 Cas.

se servant d'instruments comparables entre eux et convenablement exposés à l'atmosphère libre, il faut aussi employer de bonnes méthodes pour le calcul des températures moyennes. Le perfectionnement des tables dans les pays septentrionaux ne peut être que très-lent, puisque deux années d'observations n'y suffisent point encore pour obtenir un résultat moyen précis jusqu'à la limite d'un degré du thermomètre centigrade. Malgré cette lenteur qui tient à la nature du phénomène sur lequel l'attention est généralement fixée, malgré l'étendue d'un empire placé entre les côtes de la Mer Glaciale et les régions opulentes de la Perse, tout annonce dans cet empire, sous la puissante impulsion du gouvernement, les rapides progrès de la *météorologie asiatique*. Des observatoires météorologiques et magnétiques s'élèvent de l'ouest à l'est en Sibérie, sous la direction éclairée de mon savant ami M. Kupffer, et les espérances que j'avais conçues en 1829 et énoncées dans une séance publique de l'Académie impériale de Saint-Pétersboug, ont été remplies et surpassées[1].

[1] « Le gouvernement des Etats-Unis de l'Amérique

J'ai ajouté aux éléments de la climatologie russe *européenne* et *asiatique*, élements d'une précision très-inégale, trois seuls points de l'*Amérique russe*, savoir : l'Ile d'Ounalackka, Sitkha ou le Nouveau-Arkhangelsk, et Ross. Ce dernier point, un peu au nord de la Nouvelle-Californie, forme un comptoir isolé sur la côte N.O. de l'Amérique. Il est 14′ plus septentrional que la partie sud du khanat russe de

du Nord, vivement intéressé aux progrès de la population et à la culture variée de plantes utiles, a senti depuis longtemps les avantages qu'offre l'étendue de ses possessions depuis l'Atlantique jusqu'aux Montagnes Rocheuses, depuis la Louisiane et la Floride où l'on cultive la canne à sucre jusqu'aux lacs du Canada. Des instruments météorologiques comparés entre eux ont été distribués sur un grand nombre de points dont le choix a été soumis à une discussion approfondie et les résultats annuels réduits à un petit nombre de chiffres sont publiés par un comité central qui surveille l'uniformité des observations et des calculs. J'ai déjà rappelé dans un mémoire où je discute les causes générales dont dépendent les différences des climats par une même latitude, sur quelle grande échelle ce bel exemple des Etats-Unis pourrait être suivi dans l'empire de Russie. » *Discours de M. de Humboldt dans la séance extraordinaire du 16 novembre* 1829, p. 41. Comparez Kupffer, *Obs. mét. et magn. de l'empire de Russie*, 1837, n° 1, p. VI.

Talyschyn sur la Mer Caspienne. On y cultive l'olivier, quoique la température moyenne annuelle soit à peine plus élevée qu'à Paris; mais les hivers de Ross sont de 6° (température moyenne) plus chauds. C'est aux savantes recherches de M. Erman que nous devons la connaissance de ce climat si singulièrement uniforme et *tempéré*. Sous la même latitude (38° $\frac{1}{2}$) règne, dans le midi de l'Europe, une température annuelle de 17 à 18°, c'est-à-dire de 6° plus élevée qu'à Ross. Telle est l'inflexion des lignes isothermes dans cette partie des deux continents. Les observations de M. Erman sur la colonie de Ross se lient à celles de l'amiral Wrangel sur Sitkha (le Nouveau-Arkhangelsk), où, par 57° 3′ de latitude, les hivers son presque de 2° plus doux qu'à Berlin, quoique cette capitale soit dans une latitude plus méridionale de 4° $\frac{1}{2}$. Les animaux du nord et du midi se rencontrent d'une manière bizarre sur la côte de l'Amérique russe. Le colibri des tropiques (*Trochilus rufus*) qui fait des excursions jusqu'au détroit de Magellan, arrive aussi jusqu'au *Cook's Inlet*, là où la péninsule d'Aliaska commence à se détacher du Nouveau-Continent par les 61° de

latitude. Cette péninsule, d'après les ingénieuses considérations de M. de Baer[1] sur la météorologie de l'Amérique russe, divise les climats d'une manière très-prononcée. Les hivers deviennent plus tempérés vers l'est. Les morses (*Trichechus Rosmarus*) ne se montrent jamais sur la côte orientale d'Aliasca, tandis qu'ils descendent sur la côte occidentale, depuis la Mer Glaciale jusqu'à 56° ½ de latitude, vers un parallèle de 4° ½ plus méridional que la limite vers laquelle remontent annuellement les colibris. Ces petits oiseaux se montrent à Sitkha dès le mois d'avril et disparaissent avant le commencement de juillet[2]. A Iloulouk, station russe dans l'Ile d'Ounalachka, la première de ces Iles Aleutiennes qui continuent en forme d'arc le grand mur de la péninsule d'Aliasca, par les 53° 52′ de latitude, deux années d'observations de M. Weniaminow, calculées par M. Kupffer[3], ont donné

$$4^\circ,1 \begin{array}{l} + 0^\circ,1 \\ + 10^\circ,5 \end{array}$$

[1] Wrangel, *Nordwest-Küste von Amerika*, 1839, p. 307-310.

[2] L. c. p. 318.

[3] *Voyage* de Lütke, t. I, p. 280. Je rappelle à cette

Aussi, plus au nord, dans le détroit de Behring même, la côte d'Asie est beaucoup plus froide que celle de l'Amérique. M. de Chamisso a recueilli d'excellentes observations sur ces différences, et à une époque où la climatologie était encore peu avancée.

Dans l'Asie continentale, à Ustjansk, près de l'embouchure de la rivière Yana (latitude 70°55), et à Iakoutsk (lat. 62° 1′), les mois les plus froids ont une température moyenne au-dessous de — 40°. A Iakoutsk, selon le travail intéressant que M. Erman a fait sur les obser-

occasion de nouveau, que je continue de me servir de la méthode fractionnaire que j'ai proposée dans mon premier Mémoire sur les lignes isothermes. La fraction placée à la droite du chiffre 4°,1, chiffre qui désigne la température moyenne de l'année, présente la distribution de cette température entre l'hiver (+ 0°,1) et l'été (+ 10°,5). Ce genre de notation très-claire et très-commode, est applicable aux représentations graphiques des lignes isothermes. Je désirerais cependant qu'on ne rende pas ma notation trop compliquée en la surchargeant, soit des températures moyennes du printemps et de l'automne, soit des températures des mois les plus chauds et les plus froids. En multipliant les chiffres, de simples tableaux sont préférables aux cartes. Dans mon grand tableau ci-joint, le signe + est omis lorsque les températures sont positives.

vations de MM. Katakazia et Newierow, le thermomètre a baissé dans un grand nombre d'années, et pour plusieurs jours, à — 53° et — 54°. On l'a vu le 25 janvier 1829 à — 58° sur une échelle du thermomètre à alcool corrigée avec soin par le physicien voyageur. Dans toutes les années, ajoute ce savant (*Reise um die Erde*, t. II, p. 252), soixante jours ont à Iakoutsk une température moyenne inférieure à celle de la congélation du mercure. Cependant à Ustjansk la température moyenne de l'année (— 16°,6) est de 9° plus froide encore qu'à Iakoutsk[1]. Le climat insulaire de

[1] « Les observations thermométriques de Iakoutsk, dit M. Erman (*Reise*, t. II, p. 250), confirment d'une manière remarquable les rapports qu'on a découverts entre ces températures et le magnétisme terrestre, car dans cet endroit nous étions arrivés à la fois dans le voisinage du méridien d'un des pôles magnétiques et sur le méridien du *maximum de froid* que l'on connaisse dans l'ancien continent. » La ligne de déclinaison zéro passe par Parchinsk (lat. 59° 7', long. 109° 11'), et en descendant jusqu'au sud de l'Inde, elle se relève vers l'ouest et remonte par la Perse et le bassin de la Mer Caspienne à l'ouest du plateau de l'Oust-Ourt. Voyez la belle carte de déclinaison magnétique de M. Erman, annexée au *Report of the Committee of Phisics and Meteorology rel. to the Antarctic Exped.* 1840. Si les observations de Ia-

la Nouvelle-Zemble a été vanté comme doux en comparant les froids de son hiver avec les froids de la Sibérie continentale. Le mercure n'y gèle que très-rarement et sur la côte occidentale de l'île peut-être jamais. Les températures moyennes de l'hiver qui, à Iakoustk, descendent à — 39° ou — 40°, ne sont, 10° de latitude plus au nord, à la Nouvelle-Zemble, que de—16° ou—19°. D'un autre côté, les chaleurs moyennes de l'été qui, à Ustjansk, sont de 9°,2, n'atteignent, presque sur le même parallèle, à la Nouvelle-Zemble, que 2°,1 ou 3°,6. C'est peut-être là, après *Winter Harbour* et *Ingloulik*, la contrée du globe où les étés sont les plus froids, et par conséquent les

koutsk qui indiquent un froid de—54° et—58° sont précises, elles offrent un abaissement de température de 4° à 8° cent. plus considérable que celui que l'on a vu dans les voyages de Parry et de Franklin. Cependant à l'Ile Melville il y a dans l'année *cinq mois durant lesquels le mercure exposé à l'air se gèle naturellement.* (Arago, sur l'état thermométrique du globe, dans l'*Annuaire du bureau des long. pour* 1835, p. 169 et 186.) C'est l'illustre physicien sir David Brewster qui, lors de la traduction de mon Mémoire sur les lignes isothermes, a le premier énoncé l'idée des pôles thermiques de la terre. (Comparez aussi Mahlmann, dans *Dove Repert.* t. IV, p. 159.)

plus contraires au développement de l'organisation végétale après le long sommeil d'hiver des phanérogames. Ustjansk et Touroukhansk sur le Ieniseï sont de toute la Sibérie les villes dont la température moyenne de l'année paraît la plus basse (— 17°). En traitant la question de savoir si la Nouvelle-Zemble est habitable, M. de Baer qui a visité ce triste pays, dit judicieusement « que sous toutes les zones l'homme, *maître du feu*, peut vaincre la rigueur des climats et s'établir, pourvu qu'il trouve assez de matières organiques pour se nourrir[1]. » J'ajouterai même, en rappelant la vie des peuples polaires qui se nourrissent de phoques, de cétacés et d'autres animaux pélagiques, que l'on peut se figurer l'existence de l'espèce humaine indépendante de toute végétation, antérieure au développement des plantes, antérieure à tout soulèvement d'un continent ou d'une île au-dessus de la surface de l'Océan, si quelques parties de cet Océan, par de hautes latitudes, sont supposées couvertes de glaces immobiles. C'est là une simple

[1] *E. von Baer über das Klima von Nowaja-Semlia*, 1837, p. 15.

hypothèse, une de ces considérations qui appartiennent à la géologie rêveuse d'un temps qui déjà est loin de nous. Quoique la rigueur du froid hivernal de Iakoutsk (température moyenne de décembre, janvier et février, au-dessous de — 39° !) soit supérieure à celle de Nijné-Kolymsk et presque égale à celle qu'on éprouve à Ustjansk, les étés de Iakoutsk sont d'une chaleur très-remarquable (température moyenne de juin, juillet et août 16°,2), entièrement semblables aux étés de Moscou. C'est un climat *continental*, un de ces climats que Buffon a appelés *excessifs*, et dont l'intérieur du Nouveau-Continent nous offre de fréquents exemples vers le nord, comme dans le climat du Fort-Simpson [1], sur la rivière de Mackensie. L'année 1827, on a vu à Iakoutsk le thermomètre centigrade s'élever à l'ombre pendant 44 jours, pour quelques heures, jusqu'à 25°. Cette forte chaleur estivale favorise naturellement la culture des plantes dont la vie n'est que de courte durée. On sème autour de

[1] Lat. 62° 11′, long. 123° 52′ ouest :

$$-3^{\circ},5 \frac{-23^{\circ},5}{+15^{\circ},1}.$$

Iakoutsk le froment d'été (jariza, *Triticum æstivum*) et le seigle. Ces céréales donnent parfois le 15e grain, quoique à trois pieds de profondeur le sol reste perpétuellement gelé[1]. Ce n'est donc pas à Olekma, qui est de 1°40′ au sud de Iakoutsk, que l'on devrait placer sur les bords de la Léna, la *limite boréale* de l'agriculture sibérienne[2]. Sur les bords de la Kolyma, 6° ½ au nord de Iakoutsk où M. de Wrangel a aussi vu descendre le thermomètre centigrade en janvier jusqu'au-delà de — 53°, il règne de temps en temps en hiver, par un ciel très-serein, un *vent chaud* (le *teplot weter*), qui souffle de l'est-sud-est et fait monter progressivement le thermomètre de — 43° à + 1°,3. Les habitants se plaignent alors que les plaques de

[1] Erman, *Reise*, t. II, p. 253. On trouve par année à Iakoutsk à peu près 128 jours exempts de gelée. Dans l'Altaï, M. de Ledebour (t. I, p. 302) a vu cultiver le froment d'été et le seigle autour de Fikalka, le plus haut des lieux habités, à l'élévation de 658 toises au-dessus du niveau de la mer, par lat. 49° 28′. Le village est abrité contre les vents du nord par la chaîne du Kholsoun.

[2] Wrangel, t. I, p. 134.

glaces qui leur servent de vîtres se détachent par un *dégel* si rapide. Ce *vent chaud* est surtout très-fréquent à l'est de Nijné-Kolymsk, sur les rives de l'Aniuy; il n'y souffle que pendant vingt-quatre heures, puis le froid reprend[1]. Le déplacement total et rapide de l'air calme et froid par un courant d'air chaud, produisant un changement de température de plus de 44°, est un phénomène météorologique très-digne d'attention. La belle carte sur laquelle l'amiral Wrangel a tracé les côtes de la Mer Glaciale depuis l'embouchure de la Léna jusqu'au détroit de Behring, par une étendue de 60° en longitude, nous offre en même temps la limite extrême des forêts. On voit incliner sans doute cette limite sur un grand espace et très-régulièrement de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est; mais comme la côte incline de la même manière, de lat. 73° à lat. 66°, on peut croire que la limite des arbres est parallèle au littoral et non à une *ligne isotherme* ou *isothère*[2].

[1] L. c. p. 186.

[2] Les inflexions des *lignes isothères* ou d'égale chaleur d'été, oscillent autour des *lignes isothermes* ou d'égale chaleur annuelle.

Elle reste généralement éloignée de la côte de 35 à 40 lieues, excepté dans l'anse que forme l'embouchure de la rivière Kolyma réunie à l'Omolon et l'Aniuy. Parmi les conifères dont abonde la Sibérie, le mélèze (*Pinus larix*) est l'espèce qui fuit le plus les étés froids et humides du climat maritime. Perdant son feuillage en hiver, le mélèze est indifférent aux plus fortes rigueurs de cette saison, pourvu qu'à des hivers de — 35° ou — 40° succède un été chaud et sec. M. Erman, à qui on doit tant d'observations instructives sur la Géographie des plantes de l'Asie boréale, a vu monter le mélèze[1] sur la pente des Monts Aldans, par 60° de latitude, jusqu'à 700 toises d'élévation. Au-delà du cercle polaire, aux Monts Obdores qui forment le prolongement septentrional de l'Oural, cet arbre atteint encore la hauteur de 120 toises au-dessus du niveau de l'Océan, tandis qu'il ne se trouve plus dans le climat humide de la péninsule de Kamtschatka, au nord du parallèle de 52°. La douceur du climat, si on veut l'évaluer

[1] Erman, *Reise*, t. II, p. 374, et dans le *Naturhistorische Atlas*, p. 54.

d'après la seule température moyenne de l'année, augmente cependant vers le nord-est de l'Asie. Les lignes isothermes de + 5°, de 0 et de — 5° se relèvent des deux côtés du méridien de la Léna, à la fois vers l'est et vers l'ouest[1].

Sur une immense étendue de pays presque entièrement uni, ou du moins peu interrompu par des collines, depuis le cours inférieur de l'Indigirka jusqu'au bassin aralo-caspien, dans une direction N.E.-S.O.[2], on trouve par l'inégale distribution de la chaleur annuelle entre les différentes saisons, comme par les froids extrêmes qu'atteint la température hivernale, une variété de climats dont il est difficile de rendre compte. Les explications que tente le physicien en considérant les rapports de configuration du sol, de l'éloignement du littoral, de l'abri des vents, ne

[1] Comparez le mémoire de M. Rang sur le climat de Tambow, dans *Bull. de la Soc. de Moscou*, 1837, n° 7, p. 91, et Helmersen, *Reise nach dem Ural*, 1841, t. I, p. 74.

[2] L'axe de cette basse région passe au nord-ouest de l'Altaï et au sud-est de l'Oural, à travers la steppe de la petite horde de Kirghiz.

semblent pas suffisantes. Ce sont les *climats excessifs* des plaines (steppes, déserts) qui méritent d'être particulièrement approfondis. « Les voyageurs qui ont parcouru les steppes qui séparent la Mer d'Aral de la Mer Caspienne ont été en hiver presque constamment exposés à un froid de — 25° à — 32°. » (Kupffer, *Voyage au Mont Elbrouz*, 1829, p. 50.) Depuis que M. Kupffer a écrit ces lignes, tout un corps d'armée russe, dans l'expéditon tentée contre Khiva ($\frac{1839}{1840}$), a lutté avec une patience inouie contre cette âpreté de climat. M. de Tchihatcheff, observateur spirituel et zélé, a eu le noble courage de mesurer jour et nuit cette intensité croissante du froid de l'Oust-Ourt[1]. Il avait déja parcouru une autre partie du monde et séjourné longtemps sous la zône torride. Ces grands abaissements de température s'étendent vers la Bactriane où l'Oxus, même par les 38° de latitude et peut-être pas à 200 toises de hauteur au-dessus de l'Océan, gèle fréquemment

[1] Voyez les observations barométriques et thermométriques dans la *Lettre de M. Tchihatcheff à M. Ritter*, en date d'Orenbourg, le 16 mai 1840.

et offre ce contraste avec le Danube sur lequel Sir Alexander Burnes[1] a déjà fixé l'attention des physiciens.

Après avoir donné plus haut le tableau général de la climatologie russe, je vais consigner ici les éléments des températures mensuelles de Pétersbourg, Moscou, Kazan et l'Oural.

Saint-Pétersbourg.

Treize années d'observations de l'astronome M. Wisniewsky, de 1822 à 1834. Epoques de l'observation : 7 heures du matin, 2 h.

[1] At Kirkee (38°,4'), half way to Balkh, the Oxus was frozen. It is an established fact, that the temperature of deserts is both colder and hatter than countries which are more favoured by nature. In the torrid deserts of Toorkistan, there is a cold bleakness during winter, which will account for the congelation of the Oxus ; it is nevertheless a curious fact in physical geography, since the Danube which flows parallel with the Oxus, and in a higher latitude by seven degrees, is not subject to a like phenomenon. » *Burnes*, t. II, p. 194. Au-dessous de Khiva, par lat. 43° $\frac{1}{4}$, par conséquent sur un parallèle plus méridional que Florence, l'Oxus gèle tous les ans. Le Danube a été vu gelé en 1236, 1408 et 1460 ; le Nil, et ce fait extraordinaire se fonde sur l'autorité très-grave d'Abd-Allatif, en 829.

après midi et 9 h. du soir. M. Kupffer[1] a réduit ces observations d'après la formule

$$\tau = \frac{\text{VII} + \text{II} + 2\,\text{IX}}{4}$$

Les indications du thermomètre de Réaumur ont été réduites en degrés centésimaux, les seuls dont je me sers dans mes ouvrages :

MOIS.	*S.-Pétersb.* (lat. 59° 56′)	*Berlin.* (lat. 52° 31)	*Paris.* (lat. 48° 50)
Janvier	— 9°,5	— 2°,4	2°,1
Février.	— 7,5	0,1	4,7
Mars.	— 3,7	3,8	6,5
Avril.	2,6	9,2	9,8
Mai.	8,7	13,9	14,5
Juin.	15,0	17,4	17,0
Juillet.	17,3	18,5	18,6
Août.	15,8	17,9	18,4
Septembre.	10,5	14,4	15,8
Octobre.	5,1	9,8	11,3
Novembre.	— 0,8	4,1	6,8
Décembre.	— 5,2	1,3	4,0
Moyenne de l'année.	3°,9	8°,9	10°,8

Les observations de Paris sont de 1806-1826; celles de Berlin ont été faites par M. Mädler, aujourd'hui directeur de l'Observatoire de Dorpat. Les moyennes sont déduites des

[1] Lettre de M. Kupffer, du 21 janvier 1837.

maxima et minima de chaque jour, observées par cet astronome en grande partie au thermographe dans les années 1821 et 1835 et calculées à ma prière[1]. Il résulte de ces comparaisons de trois capitales, dont les deux premières se trouvent placées de 27° 57′ et de 11° 3′ à l'orient de la dernière :

SAISONS.	*S.-Pétersb.*	*Berlin.*	*Paris.*
Hiver.	— 7°,4	— 0°,2	3°,6
Printemps.	2,5	8,9	10,2
Eté.	16,0	17,8	18,0
Automne.	4,8	9,4	11,3
Année.	3°,9	8°,9	10°,8

A Pétersbourg, le mercure n'a jamais été vu gelé par un froid naturel. A Moscou ce phénomène doit être aussi des plus rares, car pendant les 17 ans, de 1820 à 1837, on ne l'a pas observé une seule fois. On m'a assuré à Bogoslowsk dans l'Oural, que le mer-

[1] Voyez les *variantes leçons* pour la température moyenne de Berlin, de 8°,6 à 9°,1, selon que l'on s'arrête à différents groupes d'années, chez Mahlmann, dans *Repert. der Physik*, t. IV, p. 56. Ce physicien préfère pour les 4 saisons : — 0,7; 8,4; 17,6; 9,1; pour l'année entière, 8,6.

cure n'y gelait que tous les trois à quatre ans et à Tobolsk bien plus rarement encore. Même les abaissements du thermomètre à — 25° sont moins fréquents à Pétersbourg que ne le prétendent les voyageurs. Selon les observations de 8 heures du matin que renferment les tableaux météorologiques de M. Kupffer, — 25° et au-dessous n'ont été marqués dans les années 1835, 1836 et 1837 de décembre en mars annuellement que quatre à cinq fois; tandis que sur la pente occidentale de l'Oural, à Vicimo-Outkinsk où M. de Demidoff fait faire d'intéressantes observations météorologiques, le thermomètre est descendu dans le seul mois de janvier 1841, treize fois au-dessous de — 25° et huit fois au-dessous de 31°.

J'aurais désiré pouvoir ajouter au tableau comparatif de Saint-Pétersbourg, de Berlin et de Paris, les températures mensuelles de Moscou; mais l'important travail de M. Perewotschikoff, fait à ma prière et publié dans le *Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou*[1], a été

[1] Année 1838, n° IV, p. 415-476.

rédigé d'après l'*ancien* style du calendrier usité en Russie. Les températures moyennes des mois et des saisons ne se correspondent par conséquent pas dans les tableaux de Saint-Pétersbourg et de Moscou, et j'aurais craint d'altérer la précision des résultats en hasardant des réductions hypothétiques.

Moscou.

Latitude : 55°46′, donc 4°10′ au sud de Pétersbourg, et 7°18′ à l'est de cette capitale. Hauteur du niveau des eaux de la petite rivière Moskwa (niveau près du *pont de pierre* qui diffère très-peu de la hauteur de l'édifice de l'*Université*) selon le calcul de M. Perewotschikoff (en supposant 763^{mm},15 la hauteur barométrique au niveau de l'Océan), 67 toises[1]. Les comparaisons avec

[1] L. c. p. 427. La hauteur de 47 ½ toises que le savant professeur m'avait communiquée en 1837, et qui a été publiée dans Rose, *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 635, se fondait sur un plus petit nombre d'observations. Il ne faut pas confondre la position de l'*Université* de Moscou avec celle de l'*Observatoire*, qui est de 18 toises plus élevée.

Saint-Pétersbourg ont donné 56 toises. M. de Gerstner, dans son nivellement du chemin de fer de Pétersbourg à Moscou, s'arrêtait à 60 toises. Les incertitudes tiennent ici, comme dans tant d'autres déterminations hypsométriques au moyen des baromètres, non à la précision de la hauteur barométrique moyenne obtenue par un grand nombre d'années dans la station supérieure, mais à la supposition de la hauteur barométrique moyenne au niveau de l'Océan par telle ou telle latitude. En se fondant sur un *accroissement* de pression atmosphérique entre 40° et 70° de latitude (761^{mm},95 à 763^{mm},93 réduits à zéro de température), adopté dans le *Traité de Géologie* de M. Bolotoff, M. Perewostchikoff trouve pour l'*Université* de Moscou la hauteur de 81 toises. Cet *accroissement* ne me paraît pas suffisamment constaté. Les observations thermométriques ont été faites à 8 heures du matin, à 2 heures après midi et à 9 heures du soir. (Des heures homonymes du matin et du soir auraient été préférables.) Les résultats des années 1820 à 1827 sont renfermés dans le tableau suivant. Ancien style.

Mois.	8 heures du matin.	2 heures après midi.	8 heures du soir.	Moyennes.
Janvier.	—11°,1	— 7°,4	—10°,8	— 9°,6
Février.	— 7,6	— 4,5	— 7,8	— 7,0
Mars.	— 1,5	3,3	— 1,5	0,1
Avril.	6,3	12,5	6,4	8,4
Mai.	11,8	17,8	12,0	13,9
Juin.	21,1	21,7	20,1	21,0
Juillet.	16,3	21,2	16,5	18,0
Août.	13,3	20,0	14,0	15,6
Septembre.	6,6	13,6	7,8	9,3
Octobre.	0,3	3,6	8,0	1,3
Novembre.	— 5,6	— 3,0	— 4,5	— 4,3
Décembre.	— 10,9	— 8,3	— 10,5	— 9,9
Moyenne.	+ 3°,1	+ 7°,5	+ 3°,4	+ 4°,7

Le printemps et l'été sont plus chauds, l'automne et l'hiver plus froids à Moscou qu'à Saint-Pétersbourg, dont le climat est presque littoral.

Kazan.

Latitude : 55° 58′, donc presque sur un même parallèle avec Moscou, mais 11 ½ plus à l'est. La hauteur de Kazan au-dessus du niveau de l'Océan a été, dans ces derniers temps, l'objet de beaucoup de discussions[1],

[1] Comparez Kupffer, *Voyage dans l'Oural*, 1833,

cette hauteur étant dépendante à la fois de la hauteur barométrique moyenne de Kazan, de celle du littoral océanique sous une même latitude et de la dépression du bassin de la Mer Caspienne. L'habile astronome, M. Simonoff, qui a accompagné le capitaine Bellinghausen dans son voyage autour du monde, trouve pour le niveau des eaux du Volga près de Kazan, 6 toises au-dessus des eaux de l'Océan. M. Galle s'arrête par d'autres combinaisons à 9 toises. La petitesse absolue de ces évaluations hypsométriques est vraiment surprenante. Elle indiquerait dans cette région, la plus orientale de l'Europe, une configuration du sol dont il y a peu d'exemples au milieu des terres. La ville de Berlin est neuf fois plus rapprochée du littoral de la Mer Baltique que ne l'est Kazan de la partie de la Mer Glaciale qui lui est la plus voisine, et le sol de Berlin, selon l'excellent nivellement géodésique du major

p. 278. Erman, *Reise um die Erde, Physikal Beob.* t. I, p. 355-359. Poggendorf, *Ann.* t. XXXVIII, p. 230-234. Knorre, dans *Bulletin de la Soc. de Moscou*, 1837, n° 6, p. 19-28. Humboldt, dans Rose, *Reise nach dem Ural*, 1837, t. I, p. 637-641.

Bayer, a cependant déjà près de 17 toises de hauteur absolue. Dans la grande plaine de Lombardie, fond d'un ancien bras de l'Adriatique, le sol de la cathédrale de Milan est élevé, selon M. Delcros, au-dessus du niveau de l'Océan de 61 toises. Le sol de Padoue n'a que 7 toises de hauteur, mais aussi Padoue, situé dans le fond du bassin des plaines, est six fois plus rapproché de l'Adriatique que Kazan ne l'est de la Mer Glaciale. Depuis que l'on sait, grâce au nivellement géodésique exécuté par MM. Fuss, Sabler et Sawitsch, que la surface de la Mer Caspienne n'est pas de 50 toises, mais à peine de 13 toises inférieure au niveau moyen de la Mer Noire, il ne resterait plus (si la hauteur de Kazan au-dessus de l'Océan est de 9 toises) que 22 toises pour la pente du Volga de Kazan à la Caspienne. J'évalue cette distance à 307 lieues marines (de 20 au degré équatorial), en comptant avec D'Anville un tiers pour les sinuosités du fleuve. C'est bien peu de chute quand je compare le Danube, le Rhin, l'Orénoque et l'Amazone sur lesquels j'ai navigué, avec la partie du cours du Volga que j'ai vue entre Nijni-Novgorod et

Kazan, entre Astrakhan et la Caspienne. *La* distance de Strasbourg jusqu'à la bipartition du Rhin en Leck et Waal, n'a qu'un tiers de la longueur du cours du Volga au-dessous de Kazan, et cependant le sol de la ville de Strasbourg est, selon un nivellement trigonométrique[1], encore élevé de 73 toises au-dessus des eaux de l'Océan, c'est-à-dire pour le moins *trois fois* plus élevé que la hauteur que les calculs barométriques donnent jusqu'ici à Kazan au-dessus de la Caspienne. De même le cours du Danube, depuis Bude jusqu'à la Mer Noire, est à peu près égal en longueur au cours du Volga au-dessous de Kazan. Bude cependant a encore 55 toises de hauteur absolue, ce qui est *six fois* la hauteur que nous attribuons à Kazan. Telle est la difficulté des mesures barométriques lorsqu'il s'agit de déterminer des hauteurs très-petites, celles surtout qui disparaîtraient entièrement si l'on se trompait dans cha-

[1] Voici les hauteurs qui marquent la pente des eaux moyennes du Rhin : Bâle, 127 toises (762 pieds); Strasbourg, 73 toises (438 pieds); Mayence, 41 toises (246 pieds); Cologne, 18 toises (108 pieds).

cune des deux stations (dans l'intérieur des terres et sur le littoral), en sens contraire d'un seul millimètre de pression moyenne atmosphérique. Six années de bonnes observations (1828 - 1833), calculées par M. Knorre, ont donné pour la hauteur barométrique moyenne de Kazan réduite à zéro de température, 755^{mm},57 qui, à cause d'une réduction du baromètre de Pixis à celui de Fortin, deviennent 751^{mm},8. Ce chiffre correspond à l'édifice de l'Université qui est de 18 toises plus élévé que le niveau du Volga. Les moyennes annuelles de la période indiquée ne varient[1] que de 2 $\frac{2}{10}$

[1] En combinant les moyennes de 9 heures du matin, midi, 3 heures après midi et 9 heures du soir, M. Knorre trouve les moyennes annuelles suivantes réduites à zéro de température :

1828.	754,77
1829.	756,89
1830.	756,49
1831.	755,59
1832.	754,59
1833.	755,12
	755,57

Voyez l'intéressant mémoire de M. Knorre, dans *Pogg.*

millimètres, ce qui n'est pas plus que ce que l'on observe dans les régions tempérées de l'Europe occidentale. Doit-on admettre que quinze années d'observations faites à Kazan présenteront une moyenne considérablement plus basse que 754^{mm},81 ? L'hypothèse d'une hauteur barométrique, réduite à zéro de température, beaucoup plus forte que 760^{mm},28 me paraît peu probable pour les côtes de la Mer Glaciale. Y a-t-il dans ces contrées une permanence de courants qui empêche les couches de l'atmosphère d'atteindre un équilibre stable?

La température moyenne de Kazan a été trouvée par M. Simonoff par des observations faites à des heures homonymes de 9 heures du matin et du soir, dans les six années 1828-1833, de 1°,9, savoir :

Hiver	—	13°,1
Printemps	+	1,4
Eté	+	16,8
Automne	+	2,7
Année	+	1°,9

Annalen, B. XXXVI, p. 204. Les oscillations des moyennes de midi ont été à Paris même, de 1816 à 1826, en dix ans, entre 754,16 et 757,27.

Les oscillations de la chaleur des saisons autour de la moyenne se manifestent dans le tableau suivant.

Saisons.	1828	1829	1830	1831	1832	1833
Hiver.	—12°,3	—17°,0	—13°,9	— 9°,3	—12°,4	—13°,7
Printemps.	+ 3,7	+ 1,4	+ 1,6	+ 1,6	+ 0,6	+ 0,3
Eté.	+ 18,1	+ 17,8	+ 19,3	+ 15,0	+ 15,1	+ 17,6
Automne.	+ 1,8	+ 3,5	+ 4,9	+ 1,4	+ 0,8	+ 3,6
Années.	+ 2°,8	+ 1°,4	+ 2°,9	+ 2°,2	+ 0°,9	+ 1°,8

Les calculs de M. Simonoff ont été faits d'après le nouveau style. Kazan se trouve situé presque sous une même latitude avec Copenhague, dont l'hiver est — 0°, 4, c'est-à-dire de 12° $\frac{1}{2}$ moins froid.

Cette inflexion de la ligne isochimène est due en partie à l'élargissement du continent européen vers l'est et à son manque d'*articulation*, en partie à la position locale et insulaire de Copenhague ; car cette ville, de 3° $\frac{1}{4}$ plus boréale que Berlin, a les hivers et les automnes plus tempérés, les étés et les printemps plus froids[1].

[1] *Copenhague* (lat. 55°41′) 8°,1 $\frac{-0°,2}{+16°,6}$

Berlin (lat. 52°31′) 8°,6 $\frac{-0°,7}{+17°,6}$

Oural. Catherinenbourg. Slatousi.

Onze degrés à l'est de Kazan, par conséquent par la même différence de longitude que nous ont présenté Moscou et Kazan, s'élève la longue chaîne de l'Oural, formant par ses rides assez parallèles entre elles, la limite occidentale de l'Asie. Catherinenbourg (lat. 56°48′), un degré plus septentrional que Kazan, semble, à en juger d'après un petit nombre d'années d'observations que nous possédons jusqu'ici, n'avoir une température annuelle que de très-peu plus froide. On est surpris de ne trouver qu'un demi-degré de différence. J'admets pour la hauteur de Catherinenbourg au-dessus du niveau de la mer 127 toises. C'est le résultat moyen déduit 1° d'observations correspondantes faites pendant 5 mois à Kazan et à Catherinenbourg; 2° de deux années d'observations de Catherinenbourg (1836 et 1837) publiées par M. Kupffer et calculées par le jeune astronome M. Galle[1].

[1] Voyez plus haut, t. I, p. 444. Kupffer, *Annuaire magnétique et mét.* n° II, p. 140; n° II, p. 210. Galle, dans Rose, t. I, p. 275-278. Quinze jours de mes pro-

Les observations correspondantes donnent 126 toises, les moyennes mensuelles de 1830 et 1837, les premières 126 toises, les secondes 129 toises[1]. M. Galle a fait la remarque curieuse, en calculant les hauteurs par chaque mois, que la différence des deux stations Saint-Pétersbourg et Catherinenbourg, augmente, en 1836, très-régulièrement en raison de la différence de température. Une observation entièrement semblable a été faite par M. Lenz, membre de l'Académie de Saint-Pétersbourg. Le niveau de la Mer Caspienne paraissait s'abaisser ou s'élever selon que les différences de températures aux bords de la Mer Noire et de la Cas-

pres observations de Catherinenbourg, correspondant à des observations de M. Simonoff à Kazan, donnèrent, après avoir comparé très-soigneusement mon baromètre de Fortin au sien, 123 toises.

1 Catherinenbourg paraît plus élevé quand, en été, il fait plus chaud à Catherinenbourg qu'à Pétersbourg, moins élevé pendant l'hiver plus froid de l'Oural. M. Galle trouve Catherinenbourg pour une différence de température dans les deux stations :

de	+ 2°,5	à		0°	141 t, 45.
de	0°	à	—	4°,3	93 t, 07.
de	— 4°,3	à	—	8°,7	92 t, 74.

pienne augmentaient ou diminuaient réciproquement. Il est très-probable selon la judicieuse observation de M. Galle, que des courants aériens qui troublent l'équilibre de l'atmosphère, contribuent aux anomalies que présentent les résultats du calcul. Les comparaisons de Catherinenbourg et de Kazan ne manifestent pas ces différences qu'offrent les comparaisons de l'Oural avec le *littoral* de Saint-Pétersbourg.

Voici la marche des températures moyennes mensuelles à Catherinenbourg, à Slatoust et à Saint-Pétersbourg pour l'année 1837.

Année 1837. (Kupffer, Annuaire, n° III, p. 210.)	Chaîne de l'Oural. Catherinenbourg. Lat. 56° 48'. Long. 68° 15'. Haut. 126 toises.	Chaîne de l'Oural. Slatoust. Lat. 55° 11'. Long. 57° 5a'. Haut. 164 t.	Saint-Pétersbourg. Lat. 57° 66'. Long. 27° 67'.
Janvier.	— 16°,4	—15°,7	— 9°,3
Février.	— 13,4	— 16,5	— 4,0
Mars.	— 5,9	— 6,4	— 5,2
Avril.	— 0,6	— 0,8	2,3
Mai.	10,0	11,1	9,6
Juin.	16,7	15,9	13,4
Juillet.	16,2	15,5	14,3
Août.	15,3	14,3	16,4
Septembre.	6,6	7,4	10,0
Octobre.	— 0,2	— 0,9	2,8
Novembre.	— 5,0	— 7,3	1,2
Décembre.	— 18,0	— 15,3	— 7,6
Année.	+ 0°,4	+ 0°,2	+ 3°,7

Si dans ce tableau le climat de Saint-Pétersbourg se présente en hiver comme beaucoup plus tempéré, ce phénomène est dû peut-être plus encore à la position plus continentale et orientale de l'Oural qu'à la petite élévation du plateau de Catherinenbourg et de la vallée de Slatoust, élévation bien moindre que celle du sol de la ville de Munich. A Saint-Pétersbourg

veil de la nature, qui explique cet admirable développement printanier des Tulipacées, des Iridées et des Rosacées dans les plaines de la Sibérie. Les rapides accroissements et décroissements de la chaleur y sont de mars en avril et d'octobre en novembre. On serait plus surpris des chaleurs d'été de Tobolsk, Tara, Kainsk, Krasnoyarsk et Barnaoul, en réfléchissant sur les glaces qui se conservent si longtemps dans les *Toundra* marécageux, entre l'Obi et le Ieniseï, entre Berezow et Touroukhansk, si l'on ne connaissait pas l'influence des vents ardents soufflant du sud et du sud-ouest [1], des steppes arides de l'Asie centrale vers les régions trans-ouraliennes.

[1] M. Adolphe Erman trouve la direction moyenne de tous les vents qui soufflent dans le courant d'une année

à Tobolsk.	S. 47° O.
à Kasan.	S. 52° O.
à Moscou.	S. 35° O.
à Saint-Pétersbourg.	S. 41° O.

Les vents d'ouest sont aussi très-fréquents, selon le même observateur, pendant toute l'année, vers l'embouchure de l'Obi et à l'extrémité septentrionale de l'Oural. D'après ce que nous avons éprouvé nous-mêmes dans la partie australe et moyenne de la Sibérie, comme dans la steppe des Kalmoucs, nous ne pouvons

A *Peking* (lat. 39° 54′, long. 114° 6′) la température moyenne de l'année est de 12°,7 ; celle de l'hiver — 1° ou — 2°; de l'été + 25°. Dans cette partie la plus orientale de l'Asie, l'été est de 1°,2 plus chaud qu'à Naples; mais à Peking trois mois de l'hiver sont au-dessous de zéro, comme à Copenhague, qui est placé 16° plus au nord, et dont la température moyenne de l'année est de 4°½ plus petite. A Naples l'hiver est + 9°,8. Telle est la différence du système des climats de l'Asie orientale et de l'Europe occidentale, que sur les côtes de France, entre Nantes et Saint-Malo, par 47° et 48°½ de latitude, on retrouve la même chaleur annuelle de Peking, cependant ces côtes se trouvent placées sur des parallèles de 7 à 8 degrés plus septentrionaux, et offrent des hivers de 6 à 7° plus tempérés.

J'ai laissé, pendant mon dernier voyage,

croire que les vents occidentaux deviennent plus rares à mesure que de la Hollande on avance vers l'Altaï, comme cela paraît être le cas d'Amsterdam à Saint-Pétersbourg. (Schouw, *Beiträge zur vergleichenden Klimatologie*, Heft. I, p. 53.)

des thermomètres comparés avec soin dans plusieurs parties de la Sibérie, entre les mains de personnes capables d'en faire un excellent usage, en observant aux heures qui peuvent faire connaître la moyenne des températures des jours, des mois et de l'année. J'ai déjà reçu plusieurs séries d'observations intéressantes de Bogoslowsk, dans le nord de l'Oural, où des officiers des mines, zélés et instruits, aiment à se livrer à ce genre de recherches. Comme tout ce que l'on a dit jusqu'ici des degrés de froid observés en Asie et supérieurs à celui de la congélation du mercure, est assez incertain, j'ai remis à M. le docteur Albert, qui nous a fait l'accueil le plus obligeant à Tobolsk, et qui visite quelquefois d'office les régions polaires de Berezow et d'Obdorsk, un thermomètre à esprit de vin, dont la division, tracée par les soins de M. Gay Lussac sur le verre même, est exacte jusqu'à — 60° cent. Les plus grands progrès auxquels la météorologie, et en particulier la théorie des lignes isothermes peuvent jamais s'attendre, seront dus à l'Académie Impériale de Saint-Pétersbourg, si cette illustre société

persite à continuer, d'après les plans que nous lui avons soumis mon savant ami M. Kupffer et moi, sur toute la surface de l'empire russe (depuis l'Arménie, Semipolatinsk et Irkoutzk jusqu'à Kola, le Kamtschatka et l'île Kodiak), un système régulier d'observations sur les variations diurnes du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre, sur la température de la terre, la direction du vent et de la quantité d'eau et de neige que dépose l'atmosphère. La simultanéité de ces variations dans la pression, la température, l'humidité, la direction et la prédominance des vents sur une surface continentale si étendue, manifestera, par la comparaison raisonnée des éléments numériques, des lois qui nous sont restées inconnues jusqu'ici. De grands intérêts de la vie agricole et industrielle des peuples qui habitent la Russie européenne, asiatique et américaine, sont liés aux intérêts de la Climatologie générale. dont il m'appartient de plaider la cause. L'établissement d'un *Observatoire de physique* à Saint-Pétersbourg, dans lequel on s'occupe de la rectification et de la comparaison des instruments, du choix de stations dont

la position astronomique est déterminée avec précision, de la direction des observations magnétiques et météorologiques, des calculs et de la publication des résultats moyens, sera compté par la postérité la plus reculée parmi les services les plus éminents que le gouvernement russe a rendus, depuis la moitié du dix-huitième siècle, à la connaissance physique du globe, à la botanique et à la zoologie descriptive.

En Asie, comme dans le Nouveau-Monde, on remarque que les lignes isothermes deviennent peu à peu parallèles à l'équateur, à mesure que l'on approche de la zone torride. Ce résultat est confirmé par les températures moyennes des mois, que j'ai tirées de plus de douze cents observations très-précises, dont je dois la communication à M. l'abbé Richenet, jadis attaché aux missions étrangères de France. Il est intéressant de comparer les climats de la Havane, de Macao et de Rio-Janeiro, les deux premiers de ces endroits étant placés sur les bords de la zone torride *boréale* et près de côtes orientales, le dernier sur les bords de la

zone torride *australe*. J'ai déjà offert dans un endroit[1] le tableau suivant, auquel j'ajouterai les températures moyennes des trois mois les plus chauds et les plus froids de l'année.

	Macao. (lat 22°12'N.)	Havane. (lat. 28°9'N.)	Rio-Janeiro. (lat. 22°54'S.)
Temp. moy. de l'an.	22,°5	25°,7	23°,5
de déc.-fév.	18°,2	28°,0	26°,0
de juin-août	28°,0	28°,6	20°,3
du mois le plus froid	14°,6	21°,9	19°,6
— le plus chaud	28°,6	27°,5	26°,7

L'influence frigorifique de la configuration et de la position de l'Asie devient surtout manifeste à Macao et à Canton lorsque les vents d'ouest et du nord-ouest baignent le vaste continent couvert de neiges et de glaces; cependant les contrastes de la distribution de la chaleur entre les différentes saisons sont beaucoup moins sensibles dans les ports de la Chine méridionale qu'à Peking. Pendant neuf ans, de 1806 à 1814,

[1] *Relat. hist.* t. III, p. 305 et 374. Les chiffres ont été corrigés d'après les plus récentes observations de M. Ramon de la Sagra et d'autres physiciens.

l'abbé Richenet, qui se servait d'un excellent thermomètre à *maxima* et *minima* de Six, l'a vu descendre à Macao jusqu'à + 3°,3 cent., le plus souvent à peine jusqu'à + 5°. A Canton le thermomètre atteint presque quelquefois le point de la congélation, et, par l'effet du rayonnement vers un ciel sans nuages, on y trouve de la glace sur les terrasses des maisons, dans des lieux qui sont entourés de palmiers et de bananiers. De même à Benarès (lat. géogr. 25° 20', lat. isoth. 25°,4 cent.), la chaleur, après avoir atteint en été souvent 44°, descend en hiver à 7°,2. Le mois le plus froid à Benarès a cependant encore 15°,2 de température moyenne. La hauteur de la ville n'est que de 50 toises au-dessus du niveau la mer.

Plus au sud, entre le tropique et l'équateur, surtout entre 0° et 15° de latitude, les températures moyennes de l'atmosphère continentale sont sensiblement les mêmes dans les deux mondes. Les observations asiatiques les plus précises et les plus récentes donnent :

Pour Bombay..... 26°,7
— Manille..... 25°,6
— Madras..... 26°,9
— Pondichéry..... 29°,6
— Batavia..... 27°,7
— Singapore..... 26°,5
— Malacca..... 25°,7
— Ile du prince de Galles ... 26°,3
— Trinconomale..... 26°,9
— la Pointe de Galle..... .. 27°,2
— Côtes entre Panama et Payta
de..... 26°,0 à 27°,2

La température moyenne de la zone équatoriale proprement dite de 0° à 10° ou à 15° de latitude, a été singulièremeut exagérée jusqu'ici; loin d'être 29° comme l'ont prétendu Kirwan et M. Atkinson, elle ne me paraît[1] pas dépasser 27°,7. Le climat de Pon-

[1] C'est presque à ce même résultat (27°,6) que s'est arrêté récemment aussi M. Halstroem en discutant l'ensemble des observations intertropicales du capitaine Lütke. (*De pend. et de calore medio*, 1836, p. 34. *On the mean temperature of the equator*, inséré dans le *Singapor Chronicle, jun* 1826, et dans Moor, *Notices of the Indian Archipelago*, 1837, p. 274, imprimé à Singapore. Boussingault dans *Ann. de Chimie*, juillet 1833.)

dichéry, comme je l'ai fait observer ailleurs, ne peut pas plus servir à caractériser toute la région équatoriale que l'Oasis de Mourzouk, où l'infortuné Ritchie et le capitaine Lyon ont vu (peut-être à cause du sable répandu dans l'air) le thermomètre centigrade entre 47° et 53°,7, ne caractérise le climat de la zone tempérée dans l'Afrique boréale[1]. La plus grande masse de terres tropicales se trouve située entre les 18° et 28° de latitude nord, et c'est sur cette zone aussi que, grâce à l'établissement de tant de villes riches et commerçantes, nous possédons le plus de connaissances météorologiques. Au contraire, les quatre degrés les plus voisins de l'équateur même sont encore de nos jours, comme ils l'étaient il y a soixante-dix ans, une *terra incognita* pour la Climatologie positive. Nous ignorons les températures moyennes de

[1] Aussi M. Rüppel, si connu par le soin qu'il sait mettre dans la vérification d'instruments d'astronomie et de physique, a vu, le 31 mai 1823, par un ciel tout couvert, un vent impétueux du sud-ouest et une tension électrique de l'air très-forte (dans le Dongola, à Ambucol), le thermomètre centigrade à 46°,9.

l'année et des mois au cap Lopez, au Grand Parâ, et (on est presque honteux de l'avouer) à Cayenne!

Lorsqu'on ne considère que la chaleur qu'atteint une certaine partie de l'année, on trouve dans l'hémisphère boréal les *climats les plus ardents*, non sous l'équateur, mais sous le tropique du Cancer même, et 4° ou 5° au nord de ce tropique, comme dans la partie la plus septentrionale de la zone torride. En Perse, à Abousheer, par exemple, sous le parallèle de 28°½, la température moyenne du mois de juillet[1] atteint 34°; tandis que dans le centre de la zone torride les mois les plus chauds sont, à Cumana 29°,2; à la côte de Guinée 28°,8. Dans la Mer Rouge on voit le thermomètre centésimal à midi à 44°, la nuit à 34°½. Les chaleurs extrêmes que l'on observe dans la portion méridionale de la zone tempé-

[1] La température moyenne de l'été entier à Abousheer, est 33°,3; celle de l'hiver 16°,5. A Karikal (lat. 10° 55′), dans l'Inde, à Kobbe (lat. 14° 11′), et à Massahua, en Abyssinie, les températures moyennes de l'été sont indiquées aussi de 30° à 32°; mais, dans tous ces endroits, les résultats ne sont tirés que d'une seule année d'observations.

rée, entre l'Egypte, l'Arabie et le Golfe de Perse, est l'effet simultané du peu de temps qui s'écoule, par cette latitude, entre les deux passages du soleil par le zénith, de la marche lente de l'astre lorsqu'il approche des tropiques et de la durée de jours, qui croissent avec les latitudes. D'autres circonstances contribuent à cette ardeur du climat. Telles sont la configuration et l'aridité des terres environnantes, la diaphanéité constante de l'air continental, presque dépourvu de vapeurs aqueuses, la quantité de poussière ou molécules terreuses qui s'échauffent par l'action du soleil, qui rayonnent par leur surface les unes contre les autres et que les vents soulèvent et tiennent suspendues dans l'air.

Nous avons cherché, M. Rose et moi, à réunir, pendant le cours de notre voyage en Sibérie et à la Mer Caspienne, un grand nombre d'observations précises sur la distribution de la chaleur dans le sol même de l'Asie boréale. Ce phénomène des *lignes isogéothermes* sur lequel M. Kupffer a fixé l'attention des physiciens, est modifié à la fois, par la latitude et la longitude du lieu, par la profondeur, la saison de l'année, et l'état de cohérence des

couches rocheuses ou des terrains d'alluvion [1]. Ces développements et les indications spéciales de la chaleur des sources resteront réservés pour un autre ouvrage, pour le second volume du *Voyage* de M. Rose, qui est sur le point de paraître.

Je terminerai ce Mémoire par des considérations sur la sécheresse de l'atmosphère asiatique et l'influence de la sécheresse du sol sur la conservation des ossements fossiles, dont les vallées des rivières abondent en Sibérie. La grande simplicité et la précision de l'*appareil psychrométrique de M. August* (les thermomètres [2] de cet appareil étant divisés

[1] Kupffer, *Voyage dans l'Oural*, p. 319-398.

[2] Parmi les instruments susceptibles d'une extrême précision, le thermomètre est celui qui offre les applications les plus variées. Il sert pour mesurer la chaleur, l'intensité de la lumière et le degré de tension hygrométrique. Un même instrument est thermomètre, baromètre (appliqué à la mesure de la hauteur des montagnes), hygromètre et photomètre à la fois. La route tracée par la célèbre Académie del Cimento et par le physicien Le Roi, avait été abandonnée par Saussure et Deluc, qui passèrent une partie de leur vie à perfectionner les hygromètres à substances solides. Les beaux

par dixièmes de degré) m'ont engagé à employer (pendant mon voyage à travers les steppes de l'Asie septentrionale, à l'Altaï, le long de la ligne des Cosaques de l'Irtyche, de l'Ichym et du Tobol, et aux bords de la Mer Caspienne) à la fois le psychromètre et l'ancien hygromètre à baleine de Deluc. Les observations psychrométriques, depuis le commencement du mois de juin jusqu'à la fin du mois d'octobre 1829 (la température de l'atmosphère variant de 8°, 7 à 31°, 2 cent.), ont toutes été faites par mon ami et compagnon de voyage, M. Gustave Rose. Trente-trois de ces observations, publiées dans un Mémoire hygrométrique de M. August [1], prouvent l'extrême sécheresse qui règne dans les plaines de la Sibérie, à l'ouest de l'Altaï, entre l'Irtyche et

travaux de Dalton permirent de substituer aux hygromètres à cheveu et à bandelette de baleine, que j'ai portés sur le sommet des Cordillères, la détermination du *point de la rosée*. C'est sur la détermination de ce point que se fondent les hygromètres de Leslie et de Daniell, comme le psychromètre de M. August.

[1] *Sur les Progrès de l'Hygrométrie dans les temps modernes*, mémoire lu le 28 *septembre* 1828, dans une des réunions des *Naturalistes d'Allemagne* (en allemand).

l'Obi, lorsque les vents du S.O. ont longtemps soufflé de l'Asie centrale, vents qui ont été en contact avec des plateaux très-secs et dont l'élévation au-dessus du niveau de l'Océan est de beaucoup moins considérable qu'on le croit généralement. Dans la steppe Platowskaya, nous avons trouvé le *point de la rosée* 4°,3 au-dessous du point de la congélation; c'était le 5 août, à 1 heure après midi, la température de l'air, à l'ombre, étant 23°,7. La différence des deux thermomètres, sec et humide, s'élevait à 11°7, lorsque, dans l'état ordinaire de l'atmosphère (l'hygromètre de Saussure se soutenant entre 74° et 80°), cette différence des thermomètres ne s'élève qu'à 5° ou 6°,2 (le point de la rosée étant 16°,2 ou 17°,5). Dans la steppe Platowskaya, la température de l'air aurait dû se refroidir de 28° avant de déposer de la rosée. L'air, entre Barnaoul et la célèbre mine du Schlangenberg, dans une zone renfermée entre les 51° $\frac{1}{2}$ et 53° de latitude, ne contenait, par conséquent, que $\frac{16}{100}$ de vapeurs, ce qui correspond à 28° ou 30° de l'hygromètre à cheveu. *C'est, je crois, la plus grande sécheresse qui ait été observée jusqu'ici dans les basses régions de la terre.* M. Erman père,

qui s'est beaucoup occupé de recherches hygrométriques en employant simultanément le psychromètre et les hygromètres de Daniell et de Saussure, a vu ce dernier une seule fois et à son plus grand étonnement (à Berlin, le 20 mai 1827) à 42°. La température de l'air était 23°,7, par conséquent la même qui régnait dans la steppe Platowskaya lorsque nous la traversâmes.

J'ai observé une sécheresse de 40° à 42° de l'hygromètre de Saussure, par conséquent très-rapprochée de celle observée par M. Erman, sous les tropiques (le thermomètre centigrade se soutenant aussi à l'ombre entre 22°,5 et 23°,7), sur un plateau de 1200 toises de hauteur dans la vallée de Mexico. Cette vallée renferme cependant des lacs d'une étendue très-considérable, mais entourés de terrains arides et salifères. Selon M. Boussingault (*Ann. de Chimie*, t. 48, p. 41) l'hygromètre rétrograde quelquefois à Quito à 26°. A 2635 toises, M. Gay-Lussac, dans sa célèbre ascension aérostatique, a vu rétrograder l'hygromètre de Saussure, bien rectifié dans ses points extrêmes, par une température de 4°, jusqu'à 25°,3, ce qui donne seulement

$2^{mm},79$ de tension de la vapeur, ou (comme le maximum est $6^{mm},5$) le rapport à la saturation observé dans l'ascension aérostatique[1], a été, par la basse température des hautes régions, de $\frac{112}{100}$. J'ajouterai à ce mémoire sur le climat de l'Asie le tableau de quelques-uns des résultats que nous avons recueillis, MM. Rose, Ehrenberg et moi, dans notre voyage de Sibérie, et qui ont été calculés, à ma prière, par M. August, dont les travaux hygrométriques, également utiles et ingénieux, méritent de fixer l'intérêt des physiciens. La sécheresse de l'air augmente[2] tellement de l'ouest à l'est que, par une moyenne de sept années (1785-1792), on a observé à Moscou 205, à Kasan 90, à Irkoutsk seulement 57 jours de pluie.

[1] Un physicien célèbre, M. Kämtz, qui a fait un grand travail psychrométrique sur le sommet du Rigi et du Faulhorn, en Suisse, a récemment jeté beaucoup de doute sur l'état habituel de la sécheresse de l'air dans les Alpes. Les cimes de ces montagnes sont très-souvent enveloppées de vapeurs vésiculaires, et neuf semaines d'observations de Zurich indiquaient $\frac{1}{7}$ moins d'humidité que l'observation du Rigi. Kämtz, *Vorlesungen über Meteorologie*, 1840, p. 117.

[2] *Bulletin de la Soc. de Moscou*, 1837, n° IV, p. 52.

Si les ossements fossiles de grands animaux des tropiques, trouvés récemment au milieu des terrains de rapport aurifères, *sur le dos de l'Oural*[1], prouvent que cette chaîne a été soulevée à une époque assez récente[2], la présence et la conservation de ces mêmes ossements, recouverts de chairs musculaires et d'autres parties molles (dans les plaines du nord de la Sibérie, à l'embouchure du Lena et sur les bords du Vilhoui, par les 72° et 64° de latitude), sont des faits climatériques bien plus surprenants encore. Les découvertes d'Adams (1803) et de Pallas (1772) ont acquis un nouvel intérêt depuis les recherches laborieuses, tentées pendant l'expédition du capitaine Beechey dans le Golfe de Kotzebue (lat. 66° 13′; long.

[1] Ces mêmes ossements fossiles de pachydermes sont connus depuis longtemps *dans les plaines* à l'est et à l'ouest de l'Oural, sur les rives de l'Irtyche et du Kama.

[2] Cette même conclusion de soulèvement s'applique aux Andes, où, dans les deux hémisphères, sur les plateaux du Mexique, de Cundinamarca (près Bogota), de Quito et du Chili, on découvre des ossements fossiles de mastodontes à 1200 et 1500 toises de hauteur. (Voyez ma *Relat. hist.* t. I, p. 386, 414, 429; t. III, p. 579.)

163. 25′ O.), et l'examen approfondi des collections géognostiques de la Baie d'Eschscholtz, par M. Buckland[1]. Ces recherches ont rendu presque certain que, dans le nord de l'Asie comme dans l'extrémité N. O. du Nouveau-Continent, les ossements fossiles, sans chair musculaire ou avec cette chair, se trouvent non dans des blocs de glaces, mais dans ces mêmes terrains de rapport (*diluvium*) qui reposent sur les formations tertiaires dans la plupart des régions tropicales et tempérées des deux mondes. Une cause de refroidissement instantanée, dit le naturaliste célèbre [2] auquel nous devons les

[1] Beechey, *Voyage to the Pacific and Beering's Strait*, 1831, t. I, p. 257-323; t. II, p. 560, 593-612.

[2] Cuvier, *Ossements fossiles*, 1821, t. I, p. 203. Voici le texte même : « Tout rend extrêmement probable que les éléphants qui ont fourni l'ivoire fossile habitaient et vivaient dans les pays où l'on trouve aujourd'hui leurs ossements. Ils n'ont pu y disparaître que par une révolution qui a fait périr tous les individus existants alors, ou par un changement de climat qui les a empêchés de s'y propager. Mais quelle qu'ait été cette cause, elle a dû être subite.—Si le froid n'était arrivé que par degrés et avec lenteur, ces ossements, et à plus forte raison les parties molles dont ils sont encore quelquefois enveloppés, auraient eu le temps de se décomposer comme

admirables recherches sur les races éteintes d'animaux, a pu seule préserver ces parties molles et les conserver à travers des milliers d'années. Occupé pendant mon séjour en Sibérie de recherches sur la chaleur souterraine des couches, j'avais cru entrevoir dans le froid qui règne encore à 5 ou 6 pieds de profondeur, au milieu de la chaleur des étés actuels, l'explication de ce phénomène.

Lorsque aux mois de juillet et d'août l'air avait à midi une température de 30°,7, nous avons trouvé, entre le couvent d'Abalak et la ville de Tara[1], près des villages de Tchistowskoy et de Bakchewa, comme entre Omsk et Petropablowski, sur la ligne des Cosaques de l'Ichym[2] près Chankin et

ceux que l'on trouve dans les pays chauds et tempérés; il aurait été surtout impossible qu'un cadavre tout entier, tel que celui que M. Adams a découvert, eût conservé ses chairs et sa peau sans corruption, s'il n'avait été enveloppé immédiatement par les glaces qui nous l'ont conservé. Ainsi, toutes les hypothèses d'un refroidissement graduel de la terre ou d'une variation dans l'inclinaison de l'axe du globe, tombent d'elles-mêmes. »

[1] Lat. 56° ½ — 58°.

[2] Lat. 54° 52′ — 54° 59′.

Poladennaya Krepost, quatre puits peu profonds, sans restes de glaces sur leurs bords. La température de l'eau de ces puits était + 2°,6; 2°,5; 1°,5 et 1°,4. Ces observations ont été faites 10° à 12° au sud du cercle polaire, sous les parallèles du nord de l'Angleterre et de l'Ecosse. Cette basse température du sol sibérien se conserve pendant tout l'été. M. Erman a trouvé entre Tomsk et Krasnojarsk, dans le chemin de Tobolsk à Irkoutsk, aussi par 56° et 56 ½ de latitude, les sources à + 0°,7 et 3°,8 quand l'atmosphère était refroidie jusqu'à 25°,2 au-dessous de zéro : quelques degrés plus au nord, soit sur des montagnes très-peu élevées (par latitude 59°44′ où la température moyenne de l'année est à peine — 1°,4), soit dans des steppes au-delà du parallèle de 62°, le sol reste gelé dans les mois les plus chauds à 12 ou 15 pieds de profondeur. J'espère que par des recherches que l'on m'a promis de faire, en différents mois d'été, à Berezow et Obdorsk, près du cercle polaire, nous apprendrons quelle est, dans le nord, l'épaisseur variable de la couche de glace, ou pour mieux dire de la terre

humide congelée, traversée de petits filons de glace et renfermant des groupes de cristaux d'eau solide comme une roche porphyroïde. A Bogoslowsk où l'habile Intendant des mines, M. Beger, a bien voulu faire creuser à ma prière, un puits dans un sol *tourbeux*[1] peu ombragé d'arbres, nous avons trouvé, au milieu de l'été, à 6 pieds de profondeur, une couche de terre congelée, épaisse de plus de 9 ½ pieds. A Iakoutsk, encore 4° ½ au sud du cercle polaire, la glace souterraine est un phénomène général et perpétuel, malgré la haute température de l'air aux mois de juillet et d'août. Le puits de M. Schergin à Iakoutsk qui lors du voyage de M. Erman n'avait en-

[1] M. Erman croit qu'à Bogoslowsk, la couche de terrain congelée permanente n'est que locale et due à l'influence d'une couche tourbeuse. Erman, *Reise*, t. I, p. 383, et dans Berghaus, *Almanach für* 1839, p. 69. Comparez sur la glace d'été trouvée constamment dans un marais près de Twer, Pallas, *Reisen*, t. I, p. 11. Le même phénomène a été observé à de petites profondeurs à Catherinenbourg (Helmersen, *Reise nach dem Ural*, 1841, t. I, p. 22); et, à ce que m'ont assuré des architectes, dans quelques localités du sol sur lequel est assise la belle ville de Saint-Pétersbourg.

core que 50 pieds de profondeur, et (en avril), dans la partie la plus basse du sol congelé, une température de — 7°,5, a atteint en 1837 (selon un journal de M. Schergin que l'amiral Wrangel et M. de Helmersen ont communiqué à l'Académie de Saint-Pétersbourg) la profondeur de 358 pieds de roi. L'accroissement[1] de température a été observé comme il suit :

— 6°,8 cent. . . à 72 pieds.
— 5°,0 . . . . . à 112
— 2°,5 . . . . . à 203
— 1°,8 . . . . . à 286
— 0°,6 . . . . . à 327
— 0°,6 . . . . . à 358

L'accroissement de température dans le terrain congelé de 13 mètres pour 1° cent. (entre les profondeurs de 72 et 327 pieds) est singulièrement rapide, presque triple de ce quel'on observe jusqu'à 505 mètres de profondeur [2]

[1] Comparez Erman, *Reise*, t. II, p. 250-252. M. de Baer, dans Berghaus, *Almanach für Erdhunde*, 1839, p. 57-69. Et dans *Journal of the Geogr. Soc.* vol. VIII, P. II, p. 210-213. Helmersen, dans *Bulletin scientifique de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, t. III, p. 194.

[2] Arago et Walferdin, dans les *Comptes rendus de*

dans le puits foré de Grenelle à Paris, qui donne 32 mètres pour 1° cent. On peut concevoir comment des 62° aux 72 de latitude, de Iakoutsk à l'embouchure du Léna, l'épaisseur de cette couche de terre congelée doit augmenter rapidement.

Des tigres entièrement semblables à ceux des Grandes-Indes[1] se montrent encore de nos jours de temps en temps, en Sibérie, jusqu'au parallèle de Berlin et de Hambourg. Le 26 octobre 1839, un tigre d'une énorme grandeur fut tué par les habitans du village de Setovsk dans le gouvernement de Tomsk, à 60 werst de la ville de Biisk, à peu près

l'Acad. des Sciences, 1840, semestre II, n° 18, p. 707.

[1] Voyez plus haut, t. I, p. 339-342, où j'ai fait voir que le sud de la chaîne de l'Altaï est habité à la fois, dans de certaines saisons, par l'élan et le tigre royal, par le renne et la panthère. Les rennes viennent quelquefois, dans les hivers très-rigoureux, jusque dans les environs d'Orenbourg. (Helmersen, t. I, p. 163.) Mon compagnon de voyage, M. Ehrenberg, a publié des renseignements curieux sur les tigres du nord de l'Asie, et sur la panthère à longs poils, qui vit depuis Kachghar jusqu'au cours moyen du Lena. Voyez *Annales des sciences nat.* t. XXI, p. 387-412.

par 52° $\frac{1}{4}$ de latitude. Ils vivent sans doute au nord des Montagnes Célestes, et ils font des excursions jusque dans les environs d'Irkoutsk (lat. 52° 17′) et vers la pente occidentale de l'Altaï, entre Boukhtarminsk, Barnaoul et la célèbre mine d'argent aurifère du Schlangenberg où l'on en a tué plusieurs d'une taille énorme. Ce fait, qui mérite toute l'attention des zoologues, se lie à d'autres très-importants pour la Géologie. Des animaux que nous regardons aujourd'hui comme des habitants de la zone torride, ont vécu jadis au milieu de bambousacées, de fougères en arbres, de palmiers, et de coraux lithophytes, dans le nord de l'ancien continent. C'était probablement à la faveur et sous l'influence de cette chaleur intérieure du globe qui communiquait, par les crevasses de la croûte oxidée, avec l'air atmosphérique dans les régions les plus boréales. Il m'a toujours [1]

[1] Voyez *Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1822, p. 154; et mes *Tableaux de la Nature* (2e édit.), t. II, p. 188. J'observe avec une vive satisfaction que M. Buckland, qui nous a fait connaître tant de faits curieux relatifs à

paru qu'en discutant les anciennes variations des climats, les géologues ne devaient pas séparer le phénomène des monocotyledonées arborescentes (dépourvues d'écorce et de ces organes appendiculaires que le froid hivernal fait tomber sans danger dans nos arbres dicotyledons) du phénomène des grands pachydermes fossiles. Je conçois comment à mesure que l'atmosphère s'est refroidie (parce que l'action de l'intérieur du globe sur la croûte extérieure a été moins puissante, parce que les crevasses se sont remplies de matières solides ou de roches intercalées), la distribution du climat est devenue presque uniquement dépendante de l'inégalité de l'action solaire, comment les tribus des plantes et des animaux dont l'organisation exigeait une égalité de température plus élevée, se sont éteintes peu à peu.

Parmi les animaux, quelques-unes des

la vie et aux habitudes des animaux antédiluviens, insiste aussi sur cette liaison intime entre la coexistence ou plutôt entre les rapports de localité qu'offrent les coraux lithophytes, les bois monocotyledons, les tortues de mer (Chelonia) et les mastodontes fossiles des régions froides. (Beechey, t. II, p. 611.)

races les plus vigoureuses se sont retirées sans doute vers le sud et ont vécu quelque temps encore dans des régions plus rapprochées des tropiques. Des espèces ou des variétés (je rappelle les lions de l'ancienne Grèce, le tigre royal de la Dzoungarie, la belle panthère Irbis à longs poils de la Sibérie) ont moins rétrogradé ; elles ont pu, par leur organisation et les effets de l'habitude, s'acclimater[1] au centre de la zone tempérée, et même (c'est l'opinion de M. Cuvier relativement aux pachydermes à poils épais) à des régions plus boréales. Or, si dans une des dernières révolutions qu'a éprouvées la surface de notre planète, par exemple dans le soulèvement d'une chaîne de montagnes[2] très-récente, pendant l'été

[1] Le tigre royal monte sur les montagnes de Java jusqu'à 2000 toises d'élévation.

[2] C'est Pallas qui, en 1775, insiste déjà avec force sur la liaison intime qu'il y a « entre le soulèvement des chaînes de montagnes, le déluge que ce soulèvement a causé et la destruction des grands animaux pachydermes. » *Acta Acad. Petrop.* 1775, P. I, p. 57-64. Comparez aussi Darwin, *Journal*, p. 293-298 ; Charpentier, *Essai sur les glaciers*, p. 321; Brown, dans Leonhard, *Journ. der Min.* 1842, n° 1, p. 70-75.

sibérien, des éléphants à mâchoire inférieure plus obtuse, à dents mâchelières plus étroitement et moins sinueusement rubanées, des rhinocéros à deux cornes, très-différents de ceux de Sumatra et d'Afrique, ont couru vers les bords du Vilhoui et vers l'embouchure de la Léna, leurs cadavres y ont trouvé, dans toutes les saisons, à la profondeur de quelques pieds, d'épaisses couches de terre congelée, capables de les garantir de la putréfaction. De légères secousses, des crevassements du sol, des changements dans l'état de la surface bien moins importants que ceux qui ont eu lieu encore de nos jours sur le plateau de Quito ou dans l'archipel des Grandes Indes, peuvent avoir causé cette conservation des parties musculaires ou ligamenteuses d'éléphants et de rhinocéros. La supposition d'un refroidissement *subit* du globe, si contraire aux lois connues du rayonnement, ne me paraît par conséquent aucunement nécessaire. Le tigre royal que nous sommes accoutumés à appeler un animal de la zone torride, vit encore aujourd'hui en Asie depuis l'extrémité de l'Hindoustan jusqu'au Tarbagataï, jusqu'au Haut

Irtyche et à la steppe des Kirghiz[1], sur une étendue de 40° en latitude, et de temps en temps, en été, il fait des incursions cent lieues plus au nord. Des individus qui arriveraient, dans le N. E. de la Sibérie, jusqu'au parallèle de 62° et 65°, pourraient, par l'effet des éboulements ou sous d'autres circonstances peu extraordinaires, offrir, dans l'état actuel des climats asiatiques, des phénomènes de conservation très-semblables à ceux du mammouth de M. Adams et des rhinocéros du Vilhoui. Je rappellerai aussi la part que des courants peuvent avoir eue en accumulant

[1] Pour prouver la continuité de cette *habitation* du tigre royal sur une bande qui, du sud au nord, a plus de mille lieues de long, j'ajouterai aux régions placées entre l'Altaï et les Monts Célestes, citées dans le mémoire zoologique de M. Ehrenberg, les marais couverts de grands roseaux aux environs de la ville de Chayar (sous le parallèle de Constantinople et du nord de l'Espagne), dans la petite Boukharie, marais qui sont des repaires de tigres très-féroces. Ces animaux vivent aussi au milieu des épais bocages de Saksaouls (Anabasis ammodendron), sur les rives du Kouvan et près du delta du Syr. (Meyendorf, *Voyage à Bokhara*, p. 59.) Les tigres augmentent vers l'ancienne Hyrcanie, entre le golfe du Balkhan et le Mazanderan.

dans de certaines localités les ossements et les troncs d'arbres[1].

Depuis la publication de la première esquisse de ce mémoire, d'importantes observations sur les glaciers, le mode de leur action sur la roche voisine et le mouvement des *blocs*, ont fait naître de graves divergences d'opinions parmi les géologues. On n'a pas seulement admis que l'empire des glaces ait été jadis considérablement plus étendu, on a cru aussi devoir supposer une ancienne *période de glaces* (*Eis-Zeit*) pendant laquelle le globe entier aurait été couvert d'une calotte épaisse de glace. Il ne m'appartient pas de discuter ici l'ensemble de ces questions, et je regrette de me trouver en dissentiment théorique avec un savant illustre, M. Agassiz, auquel j'ai voué une affection inaltérable, et dont les nombreux et solides travaux ont tant contribué aux progrès de l'étude des *formations* géologiques, de l'histoire naturelle et de l'anatomie comparée.

[1] Erman, t. II, p. 261-263. Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1832, p. 273-277. Wrangel, *Reise längs der Nordküste von Sibirien*, t. I, p. 102, 108, 117; t. II, p. 3. *Proceed. of the Geol. Soc.* 1840, t. III, p. 241.

UNIV. OF MICH.

QUE.

ION peurs mée es.	POINT de la rosée. (Réaumur.)	RAPPORT à la saturation totale de l'air.	HYGROMÈTRE à cheveu (en fondant le calcul sur la moyenne entre les données de Saussure et de Gay-Lussac).
E			
3	4°,3	0,52	71°
9	13,9	0,70	82
2	13,0	0,43	64
S 6	— 3,4	0,16	29
C			
9	4,6	0,57	71
5	1,1	0,27	47
S			
9	0,3	0,28	49
Il			
3	11,4	0,90	94
G			
5	— 5,7	0,45	65

RECHERCHES

SUR LES

CAUSES DES INFLEXIONS

DES

LIGNES ISOTHERMES.

Si la surface d'une planète formait une courbe sans aspérités, si elle était composée d'une même masse fluide ou de couches pierreuses homogènes, de même couleur, de même densité, absorbant également les rayons du soleil, rayonnant également à travers l'atmosphère vers les espaces célestes; les *lignes isothermes* (d'égale chaleur annuelle), les *lignes isothères* (d'égale chaleur d'été) et les *lignes isochimènes* (d'égale chaleur d'hiver) seraient toutes parallèles à l'équateur. Sur cette surface unie et homogène, fluide ou solide, les latitudes géographiques, les hauteurs solsticiales, les courants atmosphériques que l'inégalité d'échauf-

fement de la surface de l'équateur aux pôles et l'influence de la rotation de la terre sur la vitesse des molécules d'air font naître, enfin la chaleur que depuis des milliers de siècles l'intérieur d'une planète, en se refroidissant, a laissée à la croûte extérieure, détermineraient seuls la distribution de la chaleur.

C'est par cette considération générale, moins infructueuse qu'on pourrait le supposer, que doit commencer la *Climatologie théorique*. Dans l'état actuel de la surface de notre planète et de l'atmosphère qui l'enveloppe, les *courbes isothermes* n'ont conservé leur parallélisme que dans la proximité de la zone torride. Les inflexions de ces courbes sont l'effet de *perturbations de différents ordres* plus ou moins puissantes selon l'étendue de la surface qu'elles affectent.

Pour démêler l'action simultanée de ces causes perturbatrices qui déterminent le non-parallélisme des lignes isothermes et la position de leurs *sommets concaves* et *convexes*, il faut considérer chaque cause isolément et évaluer le genre et la grandeur de son effet permanent

ou variable avec la déclinaison de l'astre calorifiant. Cette considération conduit à classer les perturbations de *différents ordres* et à faire entrevoir qu'après l'élévation partielle du sol au-dessus du niveau des mers, la cause la plus puissante qui fait varier la température des lieux, placés sous une même latitude, est la position relative des masses continentales et des mers, c'est-à-dire des parties de la surface du globe qui, fluides (à molécules mobiles) et diaphanes, ou solides et opaques, diffèrent également par leurs pouvoirs absorbants et émissifs, par la quantité de lumière qu'elles absorbent, par la quantité de chaleur qui résulte de cette absorption, comme par les pertes sensibles que le rayonnement leur fait éprouver. Ces rapports d'étendue et de configuration entre les masses opaques *continentales* et les masses fluides *océaniques* déterminent le plus les inflexions des lignes isothermes, non-seulement en modifiant la température là où elle se développe localement, mais aussi en influant sur les courants atmosphériques. Ces courants mêlent les températures de différents climats et adoucissent, dans la zone des latitudes moyennes, comme vents de remous

(vent d'ouest) opposés aux vents alisés, par la fréquence prépondérante de leur direction, la température hivernale de toutes les côtes occidentales des deux hémisphères.

Nous faisons, dans ces considérations préliminaires, entièrement abstraction des inégalités du terrain, de la direction des chaînes de montagnes, de l'état de la surface du sol, nu et pierreux ou couvert, soit des sables du désert, du gazon et de l'herbe des steppes, soit de l'ombrage des forêts. Les circonstances que je viens d'énumérer, et qui ont rapport à l'état nu ou boisé de la surface, appartiennent à des causes perturbatrices d'un autre ordre, secondaire ou tertiaire. Le climat de chaque lieu reçoit l'influence la plus puissante de la configuration de cette partie du continent qui l'environne, de rapports qui sont communs à une zone de terre d'une étendue considérable. Ces causes générales sont localement modifiées par la direction des montagnes voisines (abritant ou refroidissant par la fréquence des courants descendants), par l'état de la surface du sol aride, marécageux ou boisé. La Physique du globe n'est qu'une science naissante, et il est naturel qu'en traitant de ce que l'on appelle

vaguement la différence de climats géographiques et physiques (on devrait dire des déviations du type que présenterait une surface homogène et de même courbure), on ait fixé d'abord plus d'attention sur de petites causes locales que sur des causes perturbatrices d'un ordre supérieur. Cette fâcheuse manière d'envisager les climats nous a été transmise par les Hellènes, dont le pays entrecoupé de golfes et de bras de mer, divisé en bassins par des chaînons de montagnes, *articulé* pour ainsi dire, offrait dans cette configuration si favorable au développement de la civilisation du genre humain, une merveilleuse variété de climats, et dérobait comme l'Égypte, sous l'influence de petites causes locales, les influences qui appartiennent à la zone entière, à toute l'extrémité sud-est de la Méditerranée.

Le mot *climat*, dans son acception la plus générale, embrasse toutes les modifications de l'atmosphère dont nos organes sont affectés d'une manière sensible, telles que la température, l'humidité, les variations de la pression barométrique, la tranquillité de l'air ou les effets de vents hétéronymes, la charge ou la

quantité de tension électrique, la pureté de l'atmosphère ou ses mélanges avec des émanations gazeuses plus ou moins insalubres, enfin le degré de diaphanéité habituelle, cette sérénité du ciel si importante par l'influence qu'elle exerce non-seulement sur le rayonnement du sol, sur le développement des tissus organiques dans les végétaux, et la maturation des fruits, mais aussi sur l'ensemble des impressions qui, dans les zones diverses, sont excitées dans l'âme par les sens. Nous nous sommes bornés ici à nommer une seule modification optique de l'atmosphère, celle de la *transmission* de la lumière. D'autres sont relatives soit à la quantité variable de lumière polarisée que renferme l'atmosphère, selon qu'elle est plus ou moins chargée de vapeurs vésiculaires, soit aux rayons qui, émanant d'une source commune avec une égale vitesse, mais venant à se croiser dans des points de l'espace après avoir parcouru des routes légèrement inégales, se détruisent par *interférence* et ne sont plus propres à exercer une action chimique [1]. D'autres modifications de l'atmo-

[1] Voyez les expériences ingénieuses de M. Arago sur

sphère, dont les causes n'ont point encore été dévoilées, se révèlent dans les admirables procédés photographiques *daguerriens*. L'action de la lumière atteint son maximum avant midi, et de telle manière qu'il y a dans les effets chimiques les différences les plus tranchées à des heures également distantes de midi, à 10 heures du matin et à 2 heures du soir, à 8 heures du matin et à 4 heures du soir. Toutes ces modifications influent peut-être aussi sur les organes de l'homme, mais leur influence a été jusqu'ici tout aussi peu reconnue que celle de l'intensité des forces magnétiques, variable selon les latitudes, selon le flux et le reflux de la chaleur diurne, et pendant les perturbations de l'aurore boréale.

Parmi les causes nombreuses et en partie inconnues qui tendent à diversifier les climats, la plus puissante est la variation des températures auxquelles l'homme est exposé dans les différentes parties du globe. Aussi changer de climat, dans le langage vulgaire, signifie

le chlorure d'argent exposé aux bandes noires dans le phénomène des interférences. *Annales de Physique et de Chimie*, t. I, p. 199.

changer d'impression habituelle de chaud et de froid atmosphérique. Les considérations que je consigne ici, et qui sont tirées de mon ouvrage inédit, *Essai de Physique du Monde*, n'ont rapport qu'à l'analyse de l'effet total des influences calorifiques.

Analyser un effet si complexe, c'est énumérer, évaluer, donner son *poids*, pour me servir d'une expression du calcul des probabilités, à chacune des causes perturbatrices du parallélisme primitif des lignes isothermes. Pour répandre quelque lumière sur le phénomène de la distribution de la chaleur sur le globe, qui résulte de l'action simultanée de tant de causes partielles, il faut (comme le permet l'état actuel de nos connaissances de Géographie physique) considérer les phénomènes dans leur plus grande généralité, les caractériser de la manière la plus concise, et n'ajouter des exemples que là où la clarté le demande impérieusement.

En supposant un état de la surface de la terre qui rende les *lignes d'égale chaleur* parallèles à l'équateur, on admet que les pouvoirs *absorbants* et *émissifs* de la lumière et de la chaleur sont partout les mêmes, à égale lati-

tude. C'est de cet état moyen et primitif qui n'exclut ni les courants de chaleur dans l'intérieur et dans l'enveloppe du sphéroïde, ni le transport de la chaleur par des courants aériens (si toutefois l'on veut admettre une atmosphère autour de la planète), que part une théorie mathématique. Cette théorie tend à fixer sur la surface terrestre supposée unie, dépourvue de plateaux et de chaînes de montagnes, la distance relative des lignes isothermes de n, 2n, 3n..... degrés thermométriques à l'équateur. Tout ce qui altère les pouvoirs absorbants et rayonnants dans quelques parties de la surface placées sur un même parallèle à l'équateur, fait naître des inflexions dans les courbes isothermes. La nature de ces inflexions, l'angle sous lequel les courbes isothermes coupent les parallèles à l'équateur, la position des sommets concaves ou convexes par rapport au pôle de l'hémisphère homonyme, sont l'effet de *causes réfrigérantes ou calorifiantes* qui agissent inégalement par différentes longitudes géographiques. Une connaissance raisonnée de ces *causes perturbatrices*, de leur *poids* ou prépondérance relative, jointe à l'inspection d'une carte qui représen-

terait avec précision l'état de la surface du globe, absorbant et rayonnant inégalement, conduirait à prédire par approximation la direction, le sens de l'inflexion, et la quantité du mouvement d'une ligne isotherme, là où sa trace n'aurait point encore été fixée par des observations de température moyenne. Le même genre de prévision fondée sur l'analyse des causes réfrigérantes et calorifiantes, s'appliquerait aux courbes *isothères* et *isochimènes*, courbes qui offrent la distribution d'une même quantité de chaleur annuelle entre les diverses saisons de l'année. Cette distribution, pour ne citer qu'un seul exemple, est très-différente dans les îles et dans l'intérieur d'un vaste continent; mais elle offre, sur chaque courbe *isotherme*, des déviations d'un type commun, des oscillations renfermées dans d'étroites limites. Le partage entre la chaleur de l'hiver et de l'été se fait d'après des proportions fixes, et partout où la température moyenne de l'année s'élève à 9° ou 9° $\frac{1}{2}$ du thermomètre centigrade, on ne trouvera plus en Europe une température moyenne de l'hiver au-dessous de *zéro*.

La plupart des phénomènes de la nature

offrent deux parties distinctes : l'une qu'on peut soumettre à un calcul exact, l'autre qu'on ne peut atteindre que par la voie de l'induction et de l'analogie. C'est ainsi que la théorie mathématique de la distribution de la chaleur peut lier les phénomènes qu'offrent l'accroissement de température dans l'intérieur du globe à diverses profondeurs, la perte qu'éprouve la surface, supposée homogène, par le rayonnement depuis les pôles jusqu'à l'équateur; c'est ainsi qu'elle peut suivre les inflexions des couches *géo-isothermes* là où par le soulèvement de plateaux, non par celui de pics élancés, elles se trouvent placées à des distances inégales du centre de la terre. Les géomètres peuvent chercher des expressions analytiques pour les courbes qui retracent les variations de la température d'heure en heure, dans les différents mois de l'année et sous différentes latitudes, autant que ces variations régulières dépendent, dans une surface dont les pouvoirs absorbants et émissifs sont constants, de la hauteur du soleil, de l'angle d'incidence des rayons, de la durée de leur action selon la grandeur des arcs semi-diurnes ou de l'effet du rayonnement de la surface supposée

homogène, liquide ou solide; mais dans ce labyrinthe de causes perturbatrices qui, agissant simultanément, diversifient les effets sur deux points de la surface de la terre placés sous un même parallèle géographique, c'est aux physiciens à comparer les résultats d'une théorie mathématique à des faits recueillis avec soin; c'est à eux à mesurer dans des localités choisies avec discernement, sous l'influence de circonstances entièrement opposées (sur des côtes orientales et occidentales, dans des îles et dans l'intérieur des continents, à l'ombre d'épaisses forêts et dans des plaines couvertes de gazon, au milieu de marais ou de lacs peu profonds et dans des endroits arides), l'*effet total*, c'est-à-dire les températures moyennes de l'année, des saisons et des heures, celles du *maximum* et du *minimum* diurnes. La combinaison des faits nous montre la position du sommet ou point culminant de la courbe de température annuelle par rapport aux deux solstices. Des *éléments numériques*, recueillis par les mêmes latitudes, sous l'influence de circonstances opposées, nous révèlent ce qui, dans l'*effet total*, est dû à chaque cause perturbatrice. On peut déterminer empirique-

ment, je ne dis pas la quantité précise des influences partielles, mais les *nombres limites* entre lesquels oscillent les effets qu'exerce chaque influence sur la variation des températures moyennes de l'année, des hivers et des étés.

Depuis un demi-siècle, on a accumulé des observations de température sous les climats divers sans reconnaître les lois dont elles sont l'expression fidèle, lois qui ne peuvent se manifester qu'en groupant les faits d'après des considérations théoriques. Il faudrait ici, comme en général dans tous les travaux de physique, de chimie, de géographie des plantes ou de géologie de superposition, isoler l'effet de chaque cause, passer progressivement des phénomènes simples aux effets des forces opposées.

Les *causes perturbatrices* qui altèrent le parallélisme primitif des lignes isothermes modifient aussi, pour me servir d'une expression introduite par Mairan[1] et Lambert[2], le

[1] *Mém. de l'Académie*, 1719, p. 133, et 1765, p. 145-210.

[2] *Pyrometria oder von dem Maasse des Feuers*, 1779, p. 342.

climat solaire (les effets du mouvement périodique de la chaleur solaire) et le réduisent au *climat réel*. Une théorie mathématique peut déterminer ce qui appartient à l'inégale exposition des parties de la surface des rayons solaires de l'équateur au pôle, à cet accroissement (en raison du carré du cosinus de la latitude) qui dépend de l'obliquité et de l'inégale durée d'action des rayons. En comparant, je ne dis pas les quantités absolues de chaleur qui ne nous sont pas connues, mais les différences de température, déterminées par la théorie mathématique du *climat solaire*, aux rapports et éléments numériques qui résultent de l'observation des *climats réels*, on parviendrait à isoler approximativement ce qui, dans l'effet total, est produit par le manque d'homogénéité de la superficie, par l'inégale répartition des pouvoirs absorbants et émissifs. Lorsque ce premier départ sera établi, l'examen des causes perturbatrices du parallélisme qu'affecteraient les lignes d'égale chaleur sur une enveloppe homogène, ne peut être qu'empirique. L'effet total est produit par le mélange de températures de différentes latitudes qu'amènent les vents ; par le voisinage des mers qui

sont d'immenses réservoirs d'une chaleur peu variable; par l'inclinaison, la nature chimique, la couleur, la force rayonnante et l'évaporation du sol; par la direction des chaînes de montagnes, la forme des terres, leur masse et leur prolongement vers les pôles; par la quantité de neige qui les couvre pendant l'hiver, enfin par ces glaces qui forment comme des continents circompolaires et dont les parties détachées, entraînées par les courants, modifient quelquefois sensiblement le climat pélagique sous la zone tempérée. En groupant habilement les faits, par la comparaison d'éléments numériques obtenus, à égale distance de l'équateur, sous des circonstances les plus opposées, on pourrait *isoler* chaque cause perturbatrice partielle et approcher de l'évaluation de son *poids*. Le raisonnement procéderait ici comme on fait en appliquant le calcul aux phénomènes physiques très-complexes. En isolant par exemple parmi 32 températures moyennes, observées jusqu'à 5000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan, les stations placées sur la pente nue ou boisée de la Cordillère des Andes de celles qui se trouvent au milieu de vastes

plateaux, j'ai trouvé, comme je l'ai fait voir ailleurs[1], pour les plateaux une augmentation de chaleur annuelle qui n'excède pas, à cause du rayonnement nocturne, $1^{\circ}\frac{1}{2}$ à $2^{\circ},3$ du thermomètre centigrade.

Je cite de préférence un résultat emprunté à la région tropicale, parce que là où les forces vives de la nature se limitent et se balancent avec une admirable régularité, il est plus facile d'*isoler* une seule cause perturbatrice et de connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type de ses variations périodiques. On doit considérer d'abord chaque cause comme si elle existait seule, puis discuter lesquels des effets, en les réunissant, se modifient, se détruisent ou se *superposent* comme dans les petites ondulations qui se rencontrent et se croisent. Lorsque les causes agissent isolément, on peut les sommer d'après la nature de leur signe, selon qu'elles augmentent ou diminuent la température moyenne d'un lieu comparée à une certaine quantité de glace fondue : mais lorsque plusieurs causes se réunissent, la

[1] Voyez mon Mémoire sur les lignes isothermes, parmi les *Mém. de la Société d'Arcueil*, t. III, p. 583.

quantité de l'effet est modifiée d'après des lois plus difficiles à reconnaître. L'évaporation du bassin d'un lac, par exemple, est une cause frigorique; son effet augmente par des courants qui baignent la surface des eaux, mais si ces courants amènent en même temps de l'air dont la température excède celle de l'eau, l'effet frigorifique de l'évaporation est contre-balancé par l'effet calorifique du courant d'eau. Le résultat définitif est un exhaussement de température dû à l'action du vent sud-ouest diminuée par l'évaporation. De même, une couche légère de nuages agit de deux manières opposées, en diminuant à la fois l'effet de l'action solaire et la perte de chaleur qu'éprouve la surface du globe par le rayonnement. L'effet total qui résulte de l'action solaire est souvent moins grand par un ciel entièrement serein qu'à travers une couche très-légère de nuages, puisque cette couche diminue la déperdition de la chaleur du sol par rayonnement vers l'espace.

Quant à l'action qu'exercent, par l'inégale distribution locale des pouvoirs absorbants ou émissifs de la surface, les causes perturbatrices sur la forme des lignes iso-

thermes, on peut l'envisager de la manière suivante : chaque cause considérée séparément augmente ou diminue la température *moyenne* de *a* comme si ce point s'était rapproché ou éloigné de l'équateur sans changer de méridien. Admettons que l'effet résultant de toutes les causes perturbatrices augmente la température de *a* et la rende semblable à la température d'un point plus rapproché de l'équateur, alors la ligne joignant ce dernier point et le point *a* que nous considérons, devra nécessairement remonter vers le nord. C'est de cette manière que, par le changement des pouvoirs absorbants et émissifs, et par l'inégale action de certaines portions de l'enveloppe du globe sur un système de points voisins d'une ligne isotherme, cette ligne prend des inflexions à sommets concaves ou convexes. C'est aussi par un effet analogue, par la réunion des circonstances qui augmentent la température de l'Europe, c'est-à-dire de l'extrémité occidentale et péninsulaire de l'ancien continent, que la ligne isotherme de 12°,8 cent. passe par Milan et le centre de la France sous les 45°½ de latitude, quand sur les côtes orientales de l'Asie

et de l'Amérique, à Pékin et en Pensylvanie, il faut descendre, pour la trouver, au moins jusqu'à 39°½ de latitude. Ce qui, par l'extrême complexité de phénomène, échappe à l'application rigoureuse d'une théorie mathématique doit être lié par des lois empiriques. Les grandes manifestations du magnétisme terrestre, en déclinaison, en inclinaison et en intensité des forces, n'ont aussi pu être liées par des lois générales, que depuis l'époque où l'on a commencé à tracer des lignes par les points de la surface qui jouissent simultanément des mêmes propriétés magnétiques et à suivre le mouvement de leurs inflexions dans la suite des siècles. Ne doit-on pas admettre que des mouvements analogues, mais infiniment plus lents et non périodiques font varier les sommets concaves et convexes des lignes isothermes, surtout la forme des lignes isothères et isochimènes?

Il est certain que des changements assez considérables sont produits dans l'état de l'enveloppe du globe, soit par les progrès des sociétés humaines lorsqu'elles deviennent très-nombreuses et très-agissantes, soit par des causes géologiques presque inaperçues dans

la lenteur extrême de leurs effets et tenant au manque de cet équilibre que la lutte des éléments et des forces n'a point encore entièrement atteint. Dans les Gaules, en Germanie et dans la partie septentrionale du Nouveau Monde, où, sous l'égide d'institutions libres et fortes, la population et la puissance intellectuelle des sociétés font des progrès rapides, les mêmes parties du globe n'ont pas conservé la même *latitude isochimène*. Si par l'effet de grandes causes géologiques dans une portion d'un continent, la prépondérance moyenne de certains vents était changée sensiblement, la hauteur barométrique et la quantité de vapeurs condensées y seraient modifiées aussi. La Géographie physique a ses *éléments numériques*, comme le Système du monde, et ces éléments seront perfectionnés progressivement à mesure que l'on saura disposer les faits dans le but de reconnaître les lois générales au milieu du conflit des perturbations partielles.

En classant les circonstances qui déterminent la forme des lignes isothermes d'après leurs *signes positifs* ou *négatifs*, on reconnaît au premier abord parmi les causes qui *élèvent*

la température moyenne annuelle d'une contrée : la proximité d'une côte occidentale dans la zone tempérée ; la configuration d'un continent offrant des péninsules et des mers intérieures; les rapports de position d'une portion du continent, soit à une mer libre de glace qui s'étend au-delà du cercle polaire, soit à une masse de terres continentales d'une étendue considérable, placée entre les mêmes méridiens, sous l'équateur ou dans une partie de la zone tropicale ; la prépondérance de vents qui soufflent du sud et de l'ouest dans l'extrémité occidentale d'un continent de la zone tempérée; des chaînes de montagnes servant d'abri contre les vents qui soufflent de régions plus froides; la rareté des marais et le déboisement d'un sol aride et sablonneux; la sérénité habituelle du ciel pendant l'été; la proximité de quelque courant pélagique amenant des eaux d'une température plus élevée que celle des mers environnantes.

Parmi les causes frigorifiques de *signe négatif*, nous comptons: l'élévation du lieu au-dessus du niveau de l'océan, avec absence de plateaux étendus; la proximité d'une côte orientale par les latitudes hautes et moyen-

nes ; la configuration d'un continent dépourvu de sinuosités, se prolongeant vers les pôles jusqu'aux glaces perpétuelles (sans interposition de mer libre), ou ayant entre les mêmes méridiens que la contrée dont on discute le climat, selon la dénomination de l'hémisphère, au sud ou au nord, une mer équatoriale sans terre ferme ; des chaînons de montagnes dont la direction empêche l'accès des vents chauds, ou le voisinage de pics isolés qui causent fréquemment, le long de leur pentes, des courants descendants nocturnes ; de vastes forêts ; la fréquence des marais qui forment de petits glaciers souterrains jusqu'au milieu de l'été ; un ciel brumeux qui diminue l'action des rayons solaires dans leur marche vers la partie solide du globe ; un ciel serein hivernal qui favorise l'émission de la chaleur.

Dans l'énumération des causes qui sont perturbatrices de la forme des lignes isothermes, on pourrait suivre la classification d'effets de *signes contraires* dont je viens de parler, mais cette classification offrirait le désavantage de séparer des phénomènes complexes qui, diversement modifiés, agissent différemment aussi et altèrent les effets en les

superposant. L'influence de ces phénomènes n'est aucunement la même sur la quantité de chaleur que reçoit un point du globe dans l'espace d'une année, et sur la distribution de cette quantité annuelle entre les différentes saisons. Pour ne pas perdre de vue l'unité de la nature, c'est-à-dire le résultat de toutes les forces qui se pénètrent, se combattent et se balancent réciproquement, il faut abandonner une classification en deux séries de signes contraires et préférer celle qui naît de la considération de l'état du globe terrestre enveloppé de couches de fluides élastiques, de cet océan aérien dont le fond est formé en partie par la surface de la mer, en partie par la terre ferme, hérissée de montagnes, nue et sablonneuse ou couverte de végétaux. Nous allons examiner rapidement, *sous le point de vue le* plus général, la triple action du sol, de la mer et de l'air sur la distribution de la chaleur, inégale dans des systèmes de points placés à la même distance de l'équateur. Je me bornerai à quelques exemples que m'ont fournis de longs voyages de terre dans l'intérieur des deux continents, au nord et au sud de l'équateur, par 185° de longitude et plus de 72° de latitude, à

des élévations très-diverses au-dessus du niveau de la mer.

Avant de considérer plus spécialement l'état thermométrique du globe terrestre en distinguant le sol continental, les mers et l'enveloppe atmosphérique, il sera utile de rappeler les fondements, je devais dire le degré de précision des éléments numériques qu'emploie la météorologie moderne. En supposant les thermomètres dûment vérifiés et exposés convenablement à l'air, les moyennes de température annuelle sont conclues soit des *maxima* et *minima* diurnes, soit de la combinaison de plusieurs heures d'observation inégalement éloignés du midi, soit d'heures de même dénomination. La méthode des extrêmes diurnes la plus ancienne de toutes, a été facilitée par des thermomètres à maxima et minima, avec cylindres mobiles ou propres au déversement, dans l'ingénieux appareil de M. Walferdin. Quoique en différentes saisons de l'année la supposition que la demi-somme des extrêmes diurnes représente la moyenne de toutes les ordonnées de la courbe de température diurne n'est pas entièrement exacte, la méthode des extrêmes est toujours très-recommandable.

Pour combiner des heures qui ne sont ni homonymes ni celles de la plus haute ou plus basse température du jour, M. Schouw [1] a déterminé avec un soin extrême les éléments numériques des variations horaires de température pour trois endroits, Padoue, Leith et Apenrade, placés entre les parallèles de 45° et 56°, et fondés sur 28,000 observations partielles, recueillies laborieusement par MM. Toaldo, Chiminello, Brewster et Neuber. L'égalité des accroissements et des décroissements progressifs dans une zone si étendue est extrêmement remarquable. On connaît aujourd'hui les coefficients par lesquels, entre les parallèles que nous venons de nommer, on peut réduire la moyenne de chaque heure du jour et de la nuit à la moyenne des températures des mois ou de l'année entière déduite de l'ensemble des observations horaires. Cette possibilité d'une réduction précise est bien précieuse dans la pratique, lorsque l'observateur n'a pas la faculté de marquer l'état du thermomètre aux heures du *maximum* et

[1] *Pflanzengeographie*, p. 57 et 68. Neuber, *Coll. met.* p. 198.

du *minimum* de la température diurne. Il résulte d'une très-grande masse d'observations (par exemple de 28,000 pour Padoue, Leith et Apenrade), que malgré la différence d'une heure entière qu'offrent ces trois points de la Lombardie, de l'Ecosse et du Danemarck par rapport aux époques absolues dont la température, le matin et le soir, représente exactement celle de l'année entière, on trouve la différence de l'époque du matin à celle du soir partout la même, à trois minutes près. Les époques proméridiennes et postméridiennes auxquelles il faudrait observer, pour obtenir, par le résultat moyen d'une seule heure, la moyenne de l'année, se trouvent éloignées à Padoue de $11^h\ 14'$; à Leith de $11^h\ 12'$; à Apenrade de $11^h\ 11'$.

Les heures qui représentent le matin et le soir la température moyenne de toute l'année, varient d'ailleurs quelquefois dans des lieux qui paraissent appartenir à un même système de climat. A Leith par exemple, ces heures sont 9 heures du matin et huit heures du soir, à Plymouth, après 5 années d'observations horaires, 8 heures du matin et 7 heures du soir. La distance de 11 heures reste la même : à

Madras cette distance n'est que de 10 h. La température moyenne de l'année correspond aux moyennes de 9 heures du matin et de 7 heures du soir.

Telle a été la rapidité des progrès de la météorologie sous le rapport des éléments numériques accumulés que nous possédons aujourd'hui, déjà 16 lieux de la terre, depuis les tropiques jusqu'au parallèle de 74 $\frac{3}{4}$ où, pendant une année entière, le thermomètre a été observé d'heure en heure nuit et jour. Ces lieux embrassent des températures annuelles de — 18°,7 à + 27°,8, de sorte que pour une grand nombre de latitudes isothermes on peut appliquer aux différentes heures de l'observation les coefficients qui réduisent la température d'une heure à la température annuelle de l'année ou à celle des saisons[1].

Un autre résultat numérique, dont on doit la première connaissance à M. Brewster, est le résultat suivant : la demi-somme des tempéra-

[1] Wilhelm Mahlmann, *Mittlere Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche*, 1840, p. 8, 132-136. Voici les lieux d'observations faites d'heure en heure : *Madras*, lat. 13° 5′. — *Padoue*, lat. 45° 24′. — *Plymouth*, lat.

tures moyennes de deux heures de même dénomination est, à moins d'un degré centésimal près, égale à la moyenne de l'année entière. Pour l'Ecosse, la différence ne s'élève même qu'à 0°,2. On est frappé au premier abord de la généralité de cette loi. Les heures homonymes sont très inégalement éloignées de l'heure du *maximum* de la température diurne, et les heures d'égale température (on pourrait dire, par analogie avec la pratique des astronomes dans la détermination du temps vrai, les *hau-*

50° 21′ (5 années!) — *Dresde*, lat. 51° 3′ (10 années!). — *Mühlhausen*, lat. 51° 13′. — *Halle*, lat. 51° 30′. — *Salzuflen*, lat. 52° 3′. — *Apenrade*, lat. 53° 3′. — *Fort-Leith*, lat. 55° 59′. — *Pétersbourg*, lat. 59° 56′. — *Igloolig*, lat. 69° 24 (2 années!). — *Bootlia-Felix*, lat. 70° 2 (2 ½ années!). — *Nouvelle-Zemble*, lat. 70° ½-73° (2 années!) — *Port Bowen*, lat. 73° 14′. — *Ile Melville*, lat. 74° 47. — *Hécla Cove* au *Spitzberg*, lat. 79° 55′ (3 mois). — Cette énumération prouve qu'on manque surtout d'observations horaires faites entre la limite extrême de la zone torride et les 45° ½ de latitude, comme aussi entre les parallèles de Padoue et de Plymouth. Il serait dangereux d'ailleurs d'appliquer à l'Amérique les coefficients horaires trouvés pour l'Europe. Il ne faut pas confondre la marche croissante et décroissante de la température diurne dans différents systèmes de climats.

teurs thermométriques correspondantes), donnent pour chaque endroit une époque très-différente de celle du maximum. C'est une chose vraiment remarquable, que de la moyenne de deux ordonnées d'heures homonymes, on puisse conclure la moyenne de la température de toute l'année, c'est-à-dire la moyenne de toutes les ordonnées horaires.

Si des effets périodiques de la chaleur diurne nous passons aux variations des températures moyennes des mois, nous trouvons un rapport très-différent entre les ordonnées placées à égale distance de l'ordonnée *maxima*. Paris offre, sous ce rapport, une régularité très-extraordinaire. D'après les calculs de M. Bouvard sur 20 années d'observations de Paris, les plus grandes et les plus petites chaleurs correspondent, dans l'année, au 15 juillet et au 14 janvier, et se trouvent placées à une distance de 183 jours, ce qui fait, à un jour près, une distance de 6 mois. Elles retardent de 24 jours chacune sur les solstices d'été et d'hiver. Je ferai observer à cette occasion que les accroissements et les décroissements de la chaleur paraissent tellement symétriques, à Paris, que non-seulement mars

et novembre, deux mois équidistants du mois de juillet, qui offre le maximum de la température mensuelle (18°,61), ont sensiblement la même chaleur moyenne (6°,48 et 6°,78), mais que pour signaler des portions plus petites de la courbe de l'année, je trouve qu'un jour de la première décade de mars (le 5 mars) a exactement la même température (5°,67) qu'un jour de la troisième décade de novembre (le 24 novembre). Or, la distance de ces deux jours par rapport au sommet de la courbe (15 juillet) est, des deux côtés, de 132 jours. Voilà donc des *hauteurs correspondantes du thermomètre*, dont la demi-somme donne l'époque du *maximum* ou le point culminant de la courbe de l'année, ce qui prouve (en se rappelant le théorême de la demi-somme des heures homonymes) que les petites inflexions périodiques diurnes de cette courbe sont d'une nature très-différente de l'inflexion de la courbe entière. En comparant à la marche annuelle de la température de Paris, les accroissements et décroissements de la température dans d'autres lieux à différentes latitudes et élévations au-dessus de la mer, on trouve pour

la position des jours de plus grande et de plus petite chaleur comme pour la distance du sommet de la courbe annuelle aux points qui représentent la température moyenne de l'année, des variations dont les causes paraissent très-compliquées.

	Paris. 10 années	Rome. 10 années	Jena. 18 années	Pétersb. 10 années	S.-Gothard. 10 années.
Jour le plus chaud.	15 juill	6 août.	1 août.	22 juill.	11 août.
Jour le plus froid.	14 janv.	8 janvier	3 janvier	8 janvier	24 décemb.
Jours qui représentent la température moyenne de l'année	22 avril 20 oct.	25 avril. 25 oct.	23 avril. 15 oct.	25 avril. 15 oct.	17 avril. 4 novemb.
Distance de ces jours du sommet de la courbe.	84 jours. 97 —	103 jours 81 —	98 jours. 75 —	88 jours. 81 —	116 jours. 85 —
Retard du max. et min de la courbe annuelle sur les solstices d'été et d'hiver	24 jours. 21 —	46 jours. 18 —	41 jours. 14 —	31 jours 18 —	51 jours 5 jours.

Lorsque pour un seul endroit (par exemple pour Leith ou Padoue) on possède 24 × 365 ou 8760 observations horaires faites pendant le cours d'une année, on peut les employer de trois manières: 1° en faisant passer la courbe annuelle par 8760 ordonnées, de sorte qu'elle devient une courbe sinueuse; 2° en

traçant la courbe du *jour moyen* par 24 ordonnées des heures dont chacune est la moyenne de 365 ordonnées homonymes; 3° en traçant une courbe de l'année, dans laquelle les inflexions diurnes périodiques se trouvent supprimées, par le simple emploi des 365 ordonnées de la température moyenne des jours ou des 12 ordonnées des mois. Comme la chaleur du jour moyen de l'année se compose des températures de toutes les heures homonymes de l'année, il en résulte que l'ordonnée moyenne de chacune de ces trois courbes offre la même quantité que celle de la température moyenne de l'année. Le *jour imaginaire ou moyen* représente, pour ainsi dire, en 4 divisions, les saisons de l'année; il a son printemps matinal, son été partagé en deux parties égales par l'heure du *maximum* de la chaleur, son automne et son hiver nocturne. De même que les températures moyennes de l'année entière sont représentées par les mois d'avril et d'octobre, de même aussi 9^h du matin et 8^h du soir représentent à peu près la température moyenne du jour. Mais ces analogies que quelques physiciens se sont plu à étendre à l'aspect du ciel et des nuages, à

l'état hygrométrique et électrique de l'air, ne soutiennent pas un examen rigoureux sous le rapport des relations mathématiques : elles ne peuvent pas s'appliquer à la nature des deux courbes de l'année moyenne et du jour moyen. La courbure des portions équidistantes [1] du sommet est sensiblement la même dans la première ; elle est très-différente dans la seconde de ces lignes.

Sol. — Saisir les grands traits physiques qui caractérisent la superficie du globe terrestre là où elle entre en contact immédiat avec l'atmosphère, et s'élève au-dessus de l'océan, c'est nommer les causes qui, par la configuration des continents et l'inégale distribution des pouvoirs absorbants et émissifs de la chaleur, diversifient les climats.

[1] Telle est l'admirable régularité de la distribution de la chaleur entre les différentes parties de l'année (régularité qui se manifeste dans les moyennes de 10, 15 ou 20 années d'observations), que les jours qui représentent les températures moyennes de l'année, correspondent,

à Bude, au 18 avril et 20 octobre,
à Milan, au 13 . . et 21 . . . .
à Paris, au 12 . . et 20 . . . .

L'étendue de la surface du sphéroïde terrestre non recouverte d'eau, est à l'étendue que recouvrent les mers, selon les dernières recherches de M. Rigaud à Oxford, dans le rapport de 100 à 270; il n'est par conséquent pas douteux que la température totale de l'atmosphère, que l'on peut regarder comme le résultat de toutes les températures partielles de la surface du globe, est plus puissamment modifiée par le bassin des mers, par les parties liquides, diaphanes, que par les parties solides, continentales, opaques. Sous ce point de vue qui n'a rapport qu'à l'*étendue des surfaces agissantes*, ce sont les connaissances que nous avons acquises, depuis vingt-cinq et trente ans, et surtout par des expéditions scientifiques françaises sur la température de l'océan dans sa couche supérieure, en différentes saisons, comme aux heures du jour et de la nuit, qui ont singulièrement contribué à l'avancement de la *Climatologie*.

Si la portion fluide (pélagique) agit par un plus grand nombre de points, elle agit aussi plus uniformément par l'homogénéité de sa surface et l'égalité de courbure qu'elle conserve à l'état d'un équilibre stable. Il en résulte

qu'en suivant le tracé des lignes d'égale chaleur à travers la surface d'une vaste mer qui sépare deux continents, les inflexions de ces lignes y sont moins considérables et plus régulières : les lignes mêmes dévient moins de la coïncidence primitive avec les parallèles à l'équateur que dans l'étendue des continents. J'ai comparé ailleurs [1] les températures moyennes annuelles des différentes zones boréales de l'Océan Atlantique, entre les 25 et 45 degrés de latitude, à la température des parties continentales voisines, situées à l'est et à l'ouest ; j'ai fait voir que les parties occidentales de l'ancien monde offrent sensiblement, sous les mêmes parallèles, les mêmes températures que l'Atlantique sur une largeur de 1200 lieues, si l'on fait abstraction de la rivière pélagique d'eau chaude, connue sous le nom de *Gulf-stream*. L'inflexion brusque et à sommet concave des lignes isothermes de 14° à 21° ne commence que sur les côtes orientales de l'Amérique du Nord, où, dans les régions à l'ouest des Alleghanys, les températures moyennes annuelles correspondantes à 30°, 35°, 40° et 45°

[1] *Relat. hist.* t. III, p. 526.

de latitude sont 19°,4; 15°,4; 12°,2 et 6°,5 cent., tandis que, dans le bassin de l'Atlantique elles sont 21°,2; 18°,8; 16°,7 et 14°,0. Le système particulier du climat de ce bassin, entre les parallèles que je viens de nommer, appartient beaucoup plus au système des climats de l'extrémité occidentale de l'Ancien Continent qu'à celui de l'extrémité orientale de l'Amérique. Ce phénomène me paraît dû en grande partie aux vents prédominants de l'Ouest qui font participer l'Europe au climat de l'Océan Atlantique.

Parmi les causes qui, indépendantes de l'action du vent, donnent au sol des continents une influence prépondérante sur les inflexions des lignes isothermes, la cause la plus générale et la plus puissante est l'opacité, la densité et l'état de cohésion des parties solides en opposition à la diaphanéité, la perméabilité pour la lumière, et la mobilité des fluides. On peut dire qu'après l'exhaussement de la surface en plateaux et en montagnes, dont pour le moment nous faisons abstraction dans ces recherches, les propriétés physiques que nous venons d'indiquer occupent le premier ordre parmi les causes perturbatrices. A égal

angle d'incidence des rayons, à égale proportion entre la quantité de lumière absorbée et réfléchie par un horizon de grandeur déterminée, la lumière pénètre moins profondément dans les masses opaques ; le mouvement de la chaleur est très-différent dans l'intérieur des substances solides, et dans les liquides diaphanes à molécules mobiles. Dans les premières, qui sont opaques, une puissante accumulation de chaleur est restreinte à la couche la plus voisine de la surface. Cette modification particulière des pouvoirs absorbants et émissifs rend aussi beaucoup plus grande, dans les corps solides, l'étendue des variations périodiques, soit diurnes, soit annuelles.

Ce que nous venons de nommer *position relative des masses opaques et diaphanes*, peut avoir rapport, ou à *l'area* superficielle de chaque masse, c'est-à-dire à la prépondérance d'étendue qu'une d'elles manifeste dans une certaine partie du globe, ou à la forme des limites (des lignes qui passent par les points de contact réciproque), c'est-à-dire à la configuration des continents. Ces deux genres de considérations, que nous ne faisons qu'indiquer ici, sont de la plus haute impor-

tance pour la Géographie physique. La première rappelle les distinctions d'*hémisphère aquatique* et d'*hémisphère continental*, c'est-à-dire l'accumulation relative des terres au nord et au sud de l'équateur ou (en divisant la surface terrestre par un plan qui passe par l'axe de rotation) entre les méridiens de 20° O. et 140° E., les méridiens du Cap-Vert et de l'embouchure de l'Amour. Ces accumulations continentales, opposées à de vastes étendues pélagiques, à des mers presque dépourvues de terres dans l'hémisphère austral et occidental [1], modifient à la fois la température, la sècheresse et la direction des courants de l'atmosphère qui recouvre la surface du globe.

Après la considération de la *quantité* des masses continentales, après la comparaison des *aires de surfaces solides ou fluides* et leur prépondérance mutuelle dans telle ou telle région du globe, vient la considération de la nature et de la forme des limites entre ces mêmes espaces fluides et solides. Il s'agit alors des contours ou de la *configuration* des continents, en excluant ce que cette expression

[1] Occidental par rapport à l'Europe.

rappelle d'inégalités et d'ondulations de surface dans le sens vertical.

On a fait plusieurs essais pour exprimer soit par des indications numériques, soit d'une manière graphique, les rapports que présentent les différentes parties du globe entre leur *aire*, evaluées en lieues carrées, et l'étendue de leur littoral. L'aperçu le plus simple m'a paru celui que donne un géographe habile, M. Nagel, en le fondant sur les mesures très-précises de l'auteur de l'*Atlas physique* publié à Gotha[1]. Le *maximum* d'*aire* possible avec le *minimum* de circonférence littorale se trouverait dans une île qui aurait exactement la figure d'un cercle. Or en réduisant les surfaces des continents à la figure circulaire et en comparant x ou l'étendue réelle du littoral de ces continents à y ou à l'étendue des cercles imaginaires, on trouve naturellement l'excès de x sur y d'autant plus grand que le continent est plus sinueux et s'éloigne davantage de la forme circulaire. Voici les rapports

[1] Berghaus, *Physikalischer Atlas*, 1839, n° III, p. 69. *Annalen der Erdkunde*, t. XII, p. 490.

de la plus petite étendue littorale possible à l'étendue littorale actuelle :

Europe	1 : 3,03
Asie.	1 : 2,41
Afrique	1 : 1,35
Nouvelle-Hollande. .	1 : 1,44
Amérique du sud . .	1 : 1,69
Amérique du nord. .	1 : 2,89

Il résulte de ces données que l'Afrique a le moindre développement de côtes. Après l'Afrique viennent la Nouvelle-Hollande, l'Amérique du sud, l'Asie, et l'Amérique du nord. C'est pour ainsi dire une échelle *d'inaccessibilité continentale*.

La configuration des terres par rapport au mode de leur contact avec l'Océan, influe sur la douceur ou la rigueur du climat, comme elle a influé, dès le premier établissement des sociétés et des migrations des peuples, sur le développement plus ou moins rapide de la civilisation humaine. De grandes modifications de climats se présentent dans la quantité de chaleur annuelle comme dans la distribution de cette chaleur entre les différentes saisons, selon que les formes conti-

nentales sont sinueuses, *articulées* pour ainsi dire, offrant de fréquents étranglements et des prolongements péninsulaires dans leurs contours (l'ouest de l'Europe, l'Italie, la Grèce, et l'Inde en-deçà et au-delà du Gange), ou qu'elles présentent une *configuration en masses continues*, à contours très-simples non interrompus par des sinuosités profondes [1] (toute l'Afrique, le nord de l'Asie, le nord-est de l'Europe et la Nouvelle-Hollande). Les irruptions de la Méditerranée, de la Mer Rouge et du Golfe Persique; la proximité de la Caspienne à la Mer

[1] Regiones per sinus lunatos in longa cornua porrecta, vel spatia patentia in immensum, quorum littora nullis incisa angulis ambit sine anfractu Oceanus. Si ex plaga æquinoctiali abis in acuminatas illas partes continentium, quæ in zonam temperatam hemispherii australis porriguntur, illas, propter circumfusi Oceani vastitatem, eodem cœlo, quo insulas, uti deprehendes; hyeme miti, æstate temperata. Magna aquarum vis in hemispherio australi æstivos ardores temperat et frigus hyemale frangit. Humboldt, *De distributione geographica plantarum secundum cœli temperiem et altitudinem montuum*, 1817, p. 81 et 182. (Comparez aussi plus haut, t. I, p. 67; t. III, p. 24; Dove, dans Schumacher, *Astron. Iahrbuch für* 1841, p. 291.)

Noire qui n'est qu'un vaste golfe septentrional de la Méditerranée, déterminent les inflexions des lignes isothermes et plus encore celles des lignes d'égale chaleur estivale et hivernale dans l'ouest et le sud de l'Europe comme dans le sud-est de l'Asie. Le peu d'étendue de variations que présentent les températures des mers, tend à égaliser la distribution périodique de la chaleur entre les différentes saisons de l'année. La proximité d'une grande masse fluide tempère, par son action sur les vents, les ardeurs de l'été et les rigueurs de l'hiver. De là l'opposition entre le *climat des îles et des côtes*, dont participent tous les continents *articulés* ou péninsulaires et *le climat de l'intérieur de vastes continents;* opposition remarquable dont les phénomènes variés, influant sur la force de la végétation, la diaphanéité du ciel, le rayonnement de la surface terrestre et la hauteur de la courbe des neiges perpétuelles, ont été complétement exposés pour la première fois dans les ouvrages de M. Léopold de Buch.

L'Europe offre un exemple frappant de ce contraste que nous venons d'indiquer et

que nous ne regardons ici que fondé sur la comparaison des masses, ou des *aires* de la surface liquide ou solide, en faisant encore abstraction de l'*orientation* des côtes ou de leur exposition à tel ou tel vent prépondérant. Je citerai la différence si petite des températures moyennes de l'année et le décroissement extrêmement lent de la chaleur, depuis Orléans et Paris jusqu'à Londres, Dublin, Edinbourg et Franecker, malgré l'accroissement de latitude (de France en Irlande, en Ecosse et en Hollande) de plus de 4° à 6°, tandis qu'un seul de ces degrés de latitude produit, selon mes recherches [1], dans le système de climats exclusivement continentaux de l'Europe, entre les parallèles de 45° et 55°, un changement de température annuelle de 0°,62.

Lieux.	Tempér. moy.	Latitude.
Paris.	10°,8	48°50′
Londres.	10,4	51 31
Maestricht.	10,1	50 51
Harlem.	10,0	52 23

[1] *Humb. de distrib.* p. 162; *Mém. d'Arcueil*, T. III, p. 509, 530.

Dublin.	9,5	53 23
Manchester.	8,7	53 29
Edinbourg.	8,6	54 57

Il n'y a donc de Paris à Edinbourg sur une différence de 7° 7′ de latitude, qu'un décroissement de chaleur moyenne annuelle de 2°,2, et non de 4°,2, comme il résulterait de la supposition de 0°,62 par degré de latitude. La cause en est très-simple. Un îlot, une langue de terre, une bande littorale, se trouvent en contact avec une grande masse d'eau qui conserve pendant l'hiver une partie considérable de la chaleur qu'elle a acquise pendant l'été. De plus la mer envoie vers le fond les molécules refroidies à la surface; en-deçà des 70° et 75° de latitude, elle ne se couvre pas de glaces et n'accumule par conséquent pas les neiges sur sa surface. Une péninsule, même à égalité de vents prépondérants, ou en supposant l'atmosphère absolument calme, offre des climats plus *tempérés*, des hivers beaucoup plus doux, des étés plus frais, et, en résultat total, une chaleur annuelle plus élevée que l'intérieur des terres à grandes masses continues. Ce qui caractérise surtout le *climat continental*, c'est l'analogie avec

les climats que Buffon a nommés *excessifs* à cause de la grande opposition qu'on observe entre les différentes saisons de l'année. Cette analogie augmente avec les latitudes, et sous la zone tempérée, elle se fait le plus sentir vers l'extrémité *orientale* des deux mondes.

Dans le N.E. de l'Irlande, sur les côtes de Glenarm (lat. 54° 56′), situées sous le parallèle de Königsberg en Prusse, le myrte végète avec la même force qu'en Portugal (*Irish Transactions*, t. VIII, p. 116, 203 et 269). Il y gèle à peine en hiver, et cependant les chaleurs de l'été ne suffisent pas pour mûrir le raisin. Le mois d'août qui dans l'est de l'Europe, par exemple en Hongrie, est de 21°, n'atteint à Dublin (sur la même bande isotherme de 9°½ à 10°) que 16° : au contraire le mois de janvier qui en Hongrie est de — 2° et encore en Lombardie sur la bande isotherme de Padoue, Pavie et Milan (12°,5 à 12°,8), à peine au-dessus de + 1°, atteint en Irlande, à Dublin (par une température annuelle de 9°,5) + 4°,3. Les mares et les petits lacs des Iles Færoe ne se couvrent pas de glace pendant l'hiver, malgré leur latitude de 62°. Selon les observations de MM. Kuhn

et Trevelyan, les températures moyennes hivernales y sont + 4°,3, et les estivales à peine 12° ou 13° (Jameson, *Ed. Phys. Journal*, n° 18, p. 154, et Mahlmam, in *Repert. der Physik*, t. IV, p. 35). En Angleterre, sur les côtes du Devonshire, où le port de Salcombe a été appelé, à cause de son climat tempéré, le Montpellier du nord, les myrtes, le Camellia japonica, le Fuchsia coccinea et le Buddleja globosa passent l'hiver sans abri en pleine terre. (Knight, *Trans. of the Hort. Soc.* t. I, p. 32.) En 1774, un Agave a fleuri à Salcombe après y avoir passé 28 ans sans être couvert en hiver. Sur cette même côte d'Angleterre, les hivers sont tellement doux qu'on y a vu des orangers en espalier portant du fruit et à peine abrités par le moyen des estères (Watson, *Remarks on the geogr. distribution* et *British Plants*, 1835, p. 60). Sur la côte méridionale de l'Angleterre, Penzance, Plymouth et Gosport ont les hivers les plus tempérés. La température moyenne hivernale s'y élève de + 5° à + 6°,8, quoique la température moyenne de l'année ne soit que de 11°, à 11°,2, par conséquent seulement de 0°,6 supérieure à celle de Lon-

dres. La moyenne des hivers de Florence et de Montpellier diffère très-peu des hivers de Plymouth. Aussi à Cherbourg, selon les observations très-précises de M. le capitaine Lamarche, la moyenne hivernale (5°,6) est, malgré une positition de 50′ plus boréale, de 2°,3 plus chaude qu'à Paris.

Comme il s'agit dans cette partie théorique de mon travail de considérer les *causes perturbatrices de l'équilibre et du parallélisme normal des lignes isothermes* une à une et non *superposées*, j'ai dû insister sur la différence de température entre le *littoral* et l'*intérieur* des terres, que présenteraient deux systèmes de points de la surface solide et opaque du globe, inégalement voisins de quelques autres systèmes de points de la surface liquide et diaphane. Ce contraste existerait même dans le cas hypothétique où le globe absorbant et rayonnant serait dépourvu d'atmosphère ou enveloppé de fluides gazeux et transparents, mais ayant perdu [1] la mobilité de leurs parties, trans-

[1] M. Fourier a examiné sous un autre point de vue cette supposition d'une atmosphère devenue immobile. (*Ann. de Chimie*, T. XXVII, p. 155.)

mettant la température par conductibilité et perméabilité à la chaleur rayonnante et non par des mouvements intérieurs. La différence entre les climats du littoral ou des îles, et les climats de l'intérieur s'observerait jusqu'à un certain point sans l'effet du vent d'ouest qui est prépondérant dans la zone tempérée; elle s'observerait même sans l'effet de ces petits courants qui ont lieu dans le calme apparent le plus complet, et sans lesquels on ne peut concevoir une atmosphère gazeuse, à molécules mobiles, comme la nôtre.

Dans l'état actuel des choses, où les courants atmosphériques exercent leur pouvoir, la température plus élevée de la *côte ouest du Nouveau-Continent*, au nord des 36°, comparativement à la côte orientale des Etats-Unis, se manifeste d'une manière beaucoup plus prononcée que le relèvement des lignes isothermes dans les régions transalleghaniennes, entre les Alleghanys et les Montagnes Rocheuses. Lorsque je me trouvais dans les Etats atlantiques, c'était une opinion généralement répandue qu'en traversant la chaîne des Alleghanys on trouvait à l'ouest de la

chaîne un climat plus doux sous les mêmes parallèles que sur le littoral oriental. M. Jefferson avait évalué cette différence de 3° de latitude : c'est de cette quantité qu'on croyait voir avancer les mêmes productions végétales, le *Gleditsia monosperma*, l'*Aristolochia Sypho*, le *Catalpa*, plus au nord dans le bassin de l'Ohio que dans les Etats Atlantiques [1]. M. de Volney, dans son ingénieux ouvrage sur l'Amérique, avait tâché d'expliquer ces phénomènes par la fréquence des vents du sud-ouest qui devaient refouler l'air chaud du golfe du Mexique vers les régions transalleghaniennes. Une série de bonnes observations faites pendant sept ans par le colonel Mansfield à Cincinnati (lat. 39° 6′, long. 86° 44′) et publiée par M. Drake [2], semblait lever les doutes qui enveloppent la météorologie américaine. Les températures moyennes annuelles furent déclarées identiques sous les mêmes parallèles à l'est et à l'ouest de Alleghanys : la différence climatérique devait se réduire à des hivers

[1] Humboldt, *Essai sur la Géogr. des plantes*, p. 154.

[2] *Natural and statistical view of Cincinnati and the Miami Country*, 1815.

plus doux et des étés moins chauds dans l'ouest. La migration de certaines plantes est favorisée dans le bassin du Missisipi par la forme et la direction non interrompue de la vallée qui s'ouvre du nord au sud, tandis que, dans les provinces atlantiques, les vallées sont transversales et opposent de grandes difficultés aux végétaux qui ont à passer d'une vallée à une autre. M. Kämtz, dans son excellent *Traité de Météorologie*[1], énonce une opinion diamétralement opposée à celle de M. Drake. En comparant quatre endroits cis — et trans-alleghaniens, il trouve les étés plus chauds sur le littoral. J'avoue que lorsque j'examine le grand nombre de déterminations de température que nous possédons aujourd'hui dans la vaste région de Etats-Unis (130 points d'après les tableaux de M. Mahlmann, entre

[1] *Lehrbuch der Meteorologie*, 1832, t. II, p. 65. Je n'ai pas osé comparer Cincinnati à Philadelphie, placé seulement 51′ plus au nord et 9°16′ plus à l'est. La température moyenne de cette grande ville que j'ai trouvée jadis de $11° 9' \frac{+0°,6}{+23°,2}$ en corrigeant les observations de MM. Coxe et Rush par celles que M. Legaux a faites à Springmill, est assez incertaine, malgré 20 années de travaux de James Young. V. *Mahlmann*, p. 112.

29° et 44° de latitude), je les trouve d'une valeur si inégale, le plus grand nombre étant le résultat de une ou deux années d'observations, que j'ai peu de confiance dans des chiffres qui diffèrent très-peu entre eux. Voici la comparaison de 12 points dont 8 se fondent pour le moins sur une durée d'observations de 6 à 14 années.

Ouest : Cincinnati, lat. 39°6′. $12,3 \frac{+0°,5}{+22°,8}$ années 9.

Est : Marietta, lat. 39°25′. $11°,6 \frac{+0°,8}{+21°,9}$ années 11.

Est : Baltimore, lat. 39°17′. $11°,6 \frac{+0°,4}{+23°,1}$ années 8.

Ouest : Saint-Louis, lat. 38°36′. $13°,0 \frac{+9°,7}{+21°,0}$ années 7.

Est : Washington, lat. 38°53′. $12°,7 \frac{+0°,3}{+21°,7}$ années 6.

Ouest : Pittsbourg, lat. 40°32′. 12°,3, année 1.

Est : New-York, lat. 40°43′. 12°,1, années 2.

Ouest : New Harmony, lat. 38°,11′. 13°,7, années 2; long. 90°14′

Est : Richmond, lat. 37°,32′. 13°,8, années 14; long. 79°48′

Ouest; Fort Spelling, lat. 44°53. $6°,9 \frac{-8°,9}{+21°,8}$ ann. 5; lg. 95°28′

Est : Fort Sullivan, lat. 44°54. $5°,7 \frac{-5°,2}{+15°,5}$ ann. 6; lg. 69°16′

Malgré les grandes incertitudes que je viens de signaler, j'incline à croire avec M. Mahl-

mann [1] que lorsqu'on possédera un jour *des moyennes des mêmes années*, on verra, comme Jefferson l'a prédit, remonter les bandes isothermes dès qu'elles traversent les Alleghanys de l'est à l'ouest.

Il résulte de l'ensemble des observations d'Europe et d'Asie que le décroissement de la chaleur annuelle se manifeste par des observations directes, en avançant de la France par l'intérieur des terres vers les régions de l'est, où l'ancien continent s'élargit progressivement. C'est là que se présente l'inflexion à sommet concave des lignes isothermes. Ce décroissement est l'effet de deux causes *superposées*, 1° de la proximité différente de deux systèmes de points au bassin d'une mer, en faisant abstraction des courants dans l'air, et 2° de la transmission de la température par les vents prédominants. Voici la diminution de la chaleur moyenne annuelle

[1] Dove, *Repert. der Physik*, t. IV, p. 24. Il faut aussi avoir égard, en comparant les points atlantiques et transalleghaniens, à la hauteur des lieux. Cincinnati et Saint-Louis ont près de 85, Fort Snelling 123, New Harmony près de 53 toises de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan.

depuis le littoral occidental de l'Europe jusqu'au-delà du méridien de la Caspienne: Amsterdam (lat. 52° 22′, temp. ann. 9°,8 peut-être 10°,2) et Berlin (lat. 52° 31′ temp. ann. 8°,6); Copenhague (lat. 55° 41′, temp. ann. 8°,2) et Kasan (lat. 55° 48′, temp. ann. 2°,2) mais ces différences entre le climat de l'intérieur d'un continent s'échauffant à l'excès par l'action du soleil en été ou se couvrant de neiges en hiver, et le climat des îles et du littoral, se manifestent numériquement bien plus encore par leur influence sur la végétation et la culture, par la distribution de la chaleur entre les différentes saisons, par les rapports qui expriment la chaleur moyenne de l'été et de l'hiver. Ces rapports sont dans le centre de la Hongrie, à Bude[1] (lat. 47° 29′, temp. ann. 10°,3) : — 0°,6 et, + 21°,2; à Vienne (lat. 48° 12′, temp. ann. 10°,1): 0°,2 et 20°,3; à Kasan (lat. 55°, 48′, temp. ann. 2°,2): — 14°,3 et + 17°,0; quand, sous des latitudes à peu près correspondantes,

[1] Le premier des deux chiffres qui suivent l'indication des latitudes géographiques et isothermes offre la température moyenne de l'hiver, le second chiffre celle de l'été.

mais sous l'influence de la proximité de l'Océan, ces termes sont pour Nantes (lat. 47°13′, temp. ann. 12°,6) : 4°,4 et 19°,0; pour Saint-Malo (lat. 48° 39′, temp. ann. 12°,1): 5°,7 et 18°,9; pour Edinbourg (lat. 55° 57′ temp. ann. 8°,6) : 3°,7 et 14°,4. En comparant une partie des Iles Britanniques au centre continental de la Russie, par exemple Edinbourg et Kazan, placés presque à égale distance de l'équateur, on reconnaît combien les différences hivernales des deux villes (+ 3°,7 et — 14°,3) excèdent les différences estivales (14°,4 et 17°,0); ces premières sont de 18°, les dernières de 2°,6 et d'un signe contraire. Les causes frigoriques de l'hiver l'emportent de beaucoup sur les causes calorifiques de l'été, d'où résulte une augmentation de la température annuelle dans l'intérieur des terres, augmentation totale qui cependant ne devient très-sensible[1] qu'en s'éloignant considérablement des côtes.

[1] Voyez le tableau de seize endroits des côtes et de l'intérieur de la France, que j'ai donné dans les *Mém. d'Arcueil*, t. III, p. 540-544. Les différences des températures annuelles ne s'élèvent qu'à 0°,8 ou 1° centigrade. Il est à regretter que, dans un genre de recher-

J'ai déjà rappelé plus haut (t. III, p. 34) combien dans la culture de certaines plantes qui exigent l'*action directe* des rayons solaires pour la maturité du fruit, l'éloignement des côtes est un élément important de l'agronomie. Les évaluations les plus précises de la température moyenne des étés ne nous expliquent qu'assez imparfaitement les difficultés qui s'opposent vers le nord ou sur un littoral brumeux, je ne dis pas à la culture de la vigne comme cep,

ches si importantes pour l'agriculture, on ait, même de nos jours, tant négligé, par rapport à la vaste étendue du pays, la connaissance des températures moyennes. Nous manquons d'observations précises qui fassent nettement ressortir les différences des températures moyennes hivernales et estivales, d'un côté, de Saint-Brieuc, Vannes, Nantes et Bayonne; de l'autre, de Chartres, Troyes, Châlons-sur-Marne et Moulins. Ce n'est que par un concours d'observations faites, sous les auspices de l'Institut, dans des stations systématiquement distribuées; ce n'est qu'en précisant ce que l'on veut découvrir que la *Climatologie comparée*, ou la connaissance de la distribution de la chaleur dans les différentes parties de la France, selon qu'elles sont plus ou moins éloignées du bassin des mers, pourrait enfin se perfectionner.

mais à la production d'un vin tolérablement potable. Une même quantité de chaleur moyenne estivale peut être très-différemment distribuée entre les mois de juin, de juillet et d'août. Les températures et l'état hygrométrique de l'air au moment de la floraison de la vigne et vers la dernière époque de sa maturité, déterminent le succès des récoltes. Dans le tableau qui suit, on n'a pas ajouté de *signes* aux températures au-dessus de zéro.

CULTURE DE LA VIGNE (échelle descendante).

Lieux.	Latitude.	Temp. de l'ann.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Mois le plus froid.	Mois le plus chaud.	Remarques.
Bordeaux.	45°50'	13,9	6,1	8,4	21,7	15,4	8,0	22,8	Bassin de la Garonne.
Francfort-sur-le-Mein.	50°7'	9,8	1,8	9,9	18,8	10,0	—0,4	18,8	Moyenne? Bords du Rhin, haut. 60 toises.
Paris.	48°50'	10,8	3,3	10,5	18,1	11,1	1,8	18,9	Vin de Surène !
Lausanne.	46°31'	9,5	0,8	9,1	18,6	9,9	—1,0	18,7	Haut. 280 toises.
Genève.	46°12'	9,7	1,2	9,5	17,9	10,2	—0,4	18,6	Haut. 205 toises.
Berlin.	52°31'	8,6	—0,7	8,0	17,3	8,8	—2,4	16,0	Potsdam. Vin non potable que l'on boit !
Cherbourg.	49°39'	11,4	5,2	10,4	16,8	12,5	3,1	17,3	Climat du littoral. Par de vin.
Londres.	51°31'	10,4	4,2	9,5	17,1	10,7	3,0	17,8	Mêmes rapports climatériques.
Dublin.	53°25'	9,3	4,6	8,4	15,3	9,8	4,3	16,0	

En examinant avec attention ces données numériques, les plus précises que nous pouvons offrir dans l'état actuel de nos connaissances, on reconnaît combien est importante pour l'explication de certains phénomènes de la géographie des plantes soumises à la culture, la considération de l'action de la lumière *directe* ou de la lumière *diffuse*. J'ai tenté, depuis bien longtemps, de fixer l'attention des physiciens sur ces différences d'action par des températures de l'air entièrement semblables, mais sous les conditions d'un ciel serein ou couvert[1].

[1] Voyez l'article de vi caloris et lucis, *cœlo sudo et nubilo*, dans mon ouvrage *De distributione geographica plantarum*, 1813, p. 167 : « Hæc de temperie aeris qui terram late circumfundit, ac in quo, longe a solo, instrumenta nostra meteorologica suspensa habemus. Sed alia est caloris vis, quem radii solis nullis nubibus velati, in foliis ipsis et fructibus maturescentibus magis minusve coloratis, *gignunt*, quemque, ut egregia experimenta amicissimorum Gay-Lussacii et Thenardi de combustione chlori et hydrogenis docent, ope thermometri metiri nequis. Etenim locis planis et montanis, vento libere spirante, circumfusi aeris temperies eadem esse potest cœlo sudo vel nebuloso : ideoque in observationibus solis thermometricis, nullo adhibito Photometro, haud cognosces, quam ob causam Galliæ sep-

Comme l'action solaire influe à la fois sur la température, sur les variations d'élasticité atmosphérique, sur la prédominance de certains vents, sur les degrés d'humidité et de tension électrique, l'*orientation* des masses continentales par rapport à l'équateur ou aux points cardinaux, exerce, par la simultanéité

tentrionalis tractus Armoricanus et Nervicus, versus littora, cœlo temperato sed sole raro utentia, vitem fere non tolerant. Egent enim stirpes non solum caloris stimulo, sed et lucis, quæ magis intensa locis excelsis, quam planis, duplici modo plantas movet, vi sua tum propria, tum calorem in superficia earum et in contextu cellulari excitante. » Comparez, en général, sur les rapports météorologiques dont dépend la culture de la vigne sous différentes latitudes, Schow, *Grundzüge einer allgemeinen Pflanzen-Geographie*, 1823, p. 205-214; Metzger, *Rheinische Weinbau*, 1827, p. 169-172; l'ouvrage important et peu connu de Schübler, *Grundzüge der Meteorologie Deutschlands*, 1831, p. 203; Meyen, *Grundriss der Pflanzengeographie*, 1836, p. 430-441. Ce dernier voyageur a eu surtout le mérite de réunir avec soin tout ce que l'on sait sur la production des vins alcooliques et potables dans les plaines de la *zone torride*, au Pérou, par les 6°, à Pisco par les 14°, à Moquegua et Tacna par les 16° et 18° de latitude australe.

de tant d'effets *superposés*, une influence variée sur les climats. Pour caractériser un système de *climats continentaux*, il faut examiner avec soin sous quelle zone est placé le *maximum* des terres fermes, quelle est la direction de leur axe longitudinal, en supposant un contour rectiligne et *moyen* entre les sinuosités positives et négatives, et en compensant l'aire des golfes avec l'aire des péninsules. C'est de cette direction moyenne de l'axe des masses continentales (du S. O. au N. E. dans l'Europe entière, et du S. E. au N. O. dans l'Amérique, au nord du parallèle de la Floride), c'est de ce balancement des pouvoirs absorbants et émissifs dans les aires à surface fluide ou solide, que dépendent surtout la fréquence, la force et la température des vents, comme leur pouvoir de donner de la sérénité ou de l'opacité à l'atmosphère. L'équateur ne coïncide pas avec la ligne qui sépare les vents alizés du nord-est de ceux du sud-est. Cette ligne ou limite, foncièrement déterminée par le plus long séjour du soleil dans l'hémisphère boréal, et par la différence de température totale des deux hémisphères, devient sinueuse et varie, par différents degrés de longitude, à

cause de l'inégale répartition et de la direction des masses continentales [1]. De même, les largeurs très-différentes de l'Ancien et du Nouveau-Continent par les 45° et 50° de latitude (différence qu'exprime le rapport de 4 à 1), déterminent la prépondérance des vents du nord à l'est sur ceux du sud à l'ouest en différentes saisons. Ces largeurs, variables selon les latitudes géographiques, déterminent aussi les modifications qu'apporte, selon les vues ingénieuses de MM. de Buch [2] et Dove [3], chaque classe de ces vents, et le mode de leur succession, à l'état barométrique et hygrométrique de l'air. Les vents alizés (du N. E. et du S. E.) et leurs contre-courants (vents de remous du S. O. et du N. O.), qui prédominent dans les deux hémisphères, sous les zones tempérées, ne sont sans doute que l'effet de deux courants opposés (polaires et équatoriaux) de l'atmosphère; courants modifiés par

[1] *Relat. hist.* t. I, p. 199.

[2] *Barometrische Windrose* dans les *Abhandl. der Berliner Acad. für* 1818 *und* 1819, p. 187.

[3] Voyez une longue série de mémoires dans *Poggendorf, Annalen*, t. XV, p. 53, et dans Schumacher, *Iahrbuch für* 1841, p. 299-326.

la rotation de la terre et par la vitesse[1] des molécules d'air variables avec les parallèles; mais l'échauffement inégal des masses continentales et pélagiques, l'agroupement différent des terres, la direction de leurs axes moyens (l'angle que font ces axes avec les méridiens), et le prolongement des terres vers l'équateur ou vers le cercle polaire, modifient l'*état normal* de ces *vents généraux*, et leur donnent, en différents parages, selon l'élargissement et la forme des continents, et selon la différence des saisons, un caractère individuel[2].

[1] Aux preuves de l'existence d'un contre-courant de l'ouest dans les hautes régions tropicales (preuves fournies par les vents qui prédominent à la cime du Pic de Ténériffe, comme par les cendres des volcans de Saint-Vincent et de Cosiguina, arrivées à l'île de la Barbade et à la Jamaïque), on peut ajouter le témoignage récent d'un marin danois très-expérimenté, le lieutenant de vaisseau M. Paludan. Cet officier a souvent vu, dans la zone équinoxiale, lorsque les vents alizés soufflaient grand frais à la surface de la mer, les petits nuages très-élevés se mouvoir rapidement de l'ouest à l'est. Schouw, *Vergl. Klimatologie*, 1827, Heft I, p. 55. Comparez aussi Léopold de Buch, dans Schumacher, *Jahrbuch für* 1838, p. 172.

[2] L'influence de la configuration des continents sur

En désignant, d'après la distribution des masses opaques qui constituent immédiatement la superficie du globe, les hémisphères nord et sud par les dénominations d'hémisphères *continental* et *aquatique*, on observe qu'à l'exception de la Méditerranée et du prolongement péninsulaire de l'Asie, qui forme notre Europe, les grandes ruptures des con-

la direction des vents a aussi été discutée dans l'important ouvrage de M. Schouw, que je viens de citer dans la note qui précède. « Dans toute l'Europe boréale, dit M. Schouw, entre les 50° et 60° de latitude, les vents occidentaux (O., N. O. et S. O.) prédominent sur les vents orientaux (E, N. E. et S. E.); mais cette prédominance diminue à mesure que des côtes occidentales on pénètre dans l'intérieur des terres, vers le nord-est. Les vents occidentaux inclinent dans le voisinage de l'Atlantique davantage vers le sud, et les vents du nord augmentent dans l'est de l'Europe. La prédominance des vents occidentaux sur les vents orientaux est plus grande en été qu'en hiver et au printemps; mais cette influence des saisons diminue à mesure que l'Europe s'élargit vers l'est. Les vents occidentaux sont le plus souvent en hiver sud-ouest; en été, ils soufflent du nord-ouest ou directement de l'ouest. En examinant les températures moyennes de cinquante-six années, et en divisant ces années en deux groupes, selon que les vents occidentaux ont été plus ou moins fréquents que dans

tours et les golfes les plus profonds se trouvent sur les côtes *orientales* des deux continents, surtout là où les mers voisines offrent le *maximum* de largeur. Telles sont les positions de la Baie d'Hudson, de la Mer des Antilles et de cette longue et étroite Méditerranée, à plusieurs issues, qui, du S. S. O., s'étend au N. N. E., depuis l'Archipel de l'Inde jusqu'au Golfe d'Okhotsk, et qui, comme la Méditerranée entre l'Europe et l'Afrique, a puissam-

l'état de leur *prédominance moyenne totale*, on trouve pour Copenhague :

	HIVER.	PRINT.	ÉTÉ.	AUT.	ANNÉE.
Pour le 1er groupe..	+0°,54	6°,40	17°,24	9°,46	8°,41
Pour le 2e groupe...	—1°,56	6°,05	17°,74	9°,46	7°,92
Différ. de températ. moyenne cent. . .	—2°,10	—0° 35	+ 0°,50	0°,00	—0°,49

L'augmentation des vents orientaux accroît le froid des hivers et la chaleur des étés de l'Europe. En général, les vents, dans la zone extratropicale de l'hémisphère du nord, ont une tendance à souffler plutôt dans le sens des parallèles que des méridiens, plutôt de l'O. au S. que du N. à l'E. » (*L. c.* p. 10, 32, 36, 57, 72, 77.)

ment influé sur l'antique civilisation et la destinée des peuples de l'Asie orientale. Ce n'est point ici le lieu d'examiner combien, dans ce contraste entre les côtes continues et les côtes déchirées, dans la formation de ces terres *articulées* et sinueuses, appartient au mouvement général des eaux d'orient en occident [1], aux irruptions des mers, qui laissent épars, comme groupes d'îlots, les débris d'un continent (*fractas ex æquore terras*), ou à l'action simultanée des forces volcaniques. Ces dernières, par le soulèvement de masses cristallines de différents âges, feld-spathiques et pyroxéniques, créent des archipels, les lient par des isthmes, et agrandissent les continents par des promontoires péninsulaires.

Dans l'hémisphère boréal, tous les continents offrent, par leur prolongement vers le pôle, une *limite moyenne* qui coïncide assez

[1] M. de Fleurieu, dans le *Voyage de Marchand autour du Monde*, t. VI, p. 38-42. Sur les similitudes des formes triangulaires, la position relative des extrémités des continents, les rapports entre les côtes occidentales de l'Afrique (golfe de Guinée), de la Nouvelle-Hollande et de l'Amérique du Sud (golfe d'Arica), voyez ma *Rel. hist.* t. III, p. 189 et 198.

régulièrement avec le parallèle de 70°; mais, au nord du Golfe de Georges IV et de la Passe de *Fury et Hecla*, un vaste groupe d'îlots et de terres circompolaires continue, pour ainsi dire, la bande continentale de l'Amérique. C'est cette même bande américaine qui s'étend aussi le plus loin dans l'hémisphère austral ou aquatique, vers le sud, de sorte qu'elle offre, sur 126° de latitude, et, en dépassant le détroit de Barrow, vraisemblablement sur plus de 136°, presque dans le sens d'un méridien, une arête continue de Cordillères auxquelles, vers l'est, se trouvent adossées des plaines et quelques systèmes de montagnes peu élevées. Une telle continuité de terres fermes traversant toutes les zones, depuis celles des palmiers et des fougères en arbre jusqu'à celles où les côtes se couvrent de neige même au fort de l'été [1], influe considérablement sur la distribution de la chaleur, la direction des courants aériens, le développement varié des formes végétales et la migration des plantes [2] et des animaux

[1] Observations de Churruca au détroit de Magellan. (*Viage*, 1787, p. 300.) Charles Darwin, *Journal* (1839), p. 270.

[2] « Dicat aliquis in continente nostra, Mare Mediter-

des tropiques vers les régions tempérées et froides.

Mais, de tous les rapports de *configuration* et de *position climatérique* que présentent les masses continentales des zones tempérées, les plus importants naissent de l'absence ou de la présence de terres tropicales, comprises entre les mêmes méridiens. Sous l'équateur, ce n'est que sur un sixième de la circonférence totale

raneum interfusum et nivosorum montium juga, ab oriente ad occidentem porrecta, obstetisse stirpibus æquinoctialibus totque figuris speciosis in fervidiori zona abundantibus, quo minus septentrionem versus se latius diffunderent. Contra Americæ terra continens adeo uno tenore a meridie arctum versus protenditur ut Liquidambar styraciflua quæ sub parallelo 18—19 graduum declivitatem montium obtegit, Bostonum usque latitudine 43 ½ graduum in loca plana se effundat, Passifloræ, Cassia, Cacti, Mimosaceæ, Bignoniæ, Crotones, Cymbidia et Limodora (stirpium figuræ æquinoctiales septentrionalibus immixtæ) in Virginiam excurrunt. » Humb. *De distrib. geogr. plantarum*, p. 45-52. La chaleur des étés et la chasse des insectes appellent les colibris aux Etats-Unis et au Canada, jusque dans la latitude de Stockholm et de Pétersbourg (Voyez plus haut, t. III, p. 43.) Sous les tropiques, je les ai trouvés à des hauteurs qui égalent celle du Pic de Ténériffe.

du globe que la mer ne couvre pas le noyau solide, et comme, par l'action du soleil, les molécules rapprochées de la surface s'échauffent très-différemment dans les substances opaques et dans les substances diaphanes, cette prédominance des eaux dans la zone équatoriale, et la distribution particulière de terres par différents degrés de longitude sous l'équateur, ou dans son voisinage, influent sur la force des courants aériens ascendants qui, à mesure qu'ils se refroidissent dans leur cours horizontal, inclinent vers les deux zones tempérées. J'ai déjà discuté cette cause calorifique en parlant des modifications bienfaisantes qu'éprouve le climat de l'Europe par la position de l'Afrique, et les contrastes qu'offrent, par rapport à cette action des régions équatoriales, continentales ou pélagiques, l'Europe et l'Asie. En général, lorsqu'on exprime par le chiffre 1000 l'étendue des terres renfermées entre les deux tropiques, dans toute la circonférence du globe, on en trouve [1] 461 parties appartenant à l'Afrique,

[1] Voyez le Mémoire qui renferme la comparaison du nombre des espèces vénéneuses de serpents avec les sur-

301 à l'Amérique, 124 à la Nouvelle-Hollande et à l'Archipel des Indes, et 114 à l'Asie. L'Ancien Continent, comparé au Nouveau, offre par conséquent, pour l'étendue des terres intertropicales, la proportion de 5,7 à 3; et ce qui, par rapport à la théorie des vents, est bien plus important encore, l'agrouppement de ces *terres équatoriales* est si inégal, qu'une masse de 762 parties (d'Afrique et d'Amérique), c'est-à-dire presque $\frac{4}{5}$ de toutes celles qui ont été soulevées au-dessus du niveau des mers équatoriales dans le globe entier, sont concentrées dans une bande étroite de 132° $\frac{3}{4}$ de longitude entre les méridiens des Caps Gardafui et Pariña. Il ne reste donc de terres éparses que $\frac{1}{5}$ dans l'immense espace que les navires peuvent parcourir, depuis les côtes orientales d'Afrique jusqu'aux côtes occidentales de l'Amérique, sur 227° $\frac{1}{4}$ de longitude ou sur $\frac{3}{5}$ de la circonférence terrestre. Tous les vents orienteux (de l'E., du S. E. et du S.) viennent en Europe et en Asie sous l'influence de cette bande si large et si dépourvue

faces continentales sous les zones torride et tempérée, dans mon *Recueil de Zoologie et d'Anatomie comparée*, t. II, p. 3.

de terres équatoriales, tandis que les vents occidentaux (du S. et du S. O.) reçoivent l'influence calorifique de la région des tropiques dans laquelle il y a le plus de terres agglomérées. Pour préciser les véritables causes physiques de ce genre d'influence exercé par l'agroupement divers des surfaces continentales ou pélagiques dans la zone torride, je vais rappeler ici (sans anticiper sur ce qui appartient plus particulièrement à la considération du bassin des mers) les faits suivants :

En m'arrêtant, dans la région tropicale, à la température moyenne de l'année entière, je trouve, d'après l'examen de plusieurs milliers d'observations, l'air qui repose sur les terres fermes de 2°,2 cent. plus chaud [1] que l'air qui, loin des côtes, couvre l'Océan. J'évalue la température de l'air continental à 27°,7; celle de l'air océanique à 25°,5; mais la distribution de cette chaleur moyenne totale des deux atmosphères, continentale et océanique, entre les diverses époques du jour et de l'année, comme entre les diverses localités

[1] *Relat. hist.* t. I, p. 225.

plus ou moins favorables à l'action solaire et à l'émission du calorique, offre des différences bien plus considérables que celles que nous venons d'indiquer. Or, ce sont ces rapports partiels de temps et de lieu qui modifient la force du courant d'air chaud qui s'élève entre les tropiques pour atteindre une hauteur plus ou moins considérable, pour déverser l'air chaud, en descendant, plus ou moins loin, et, en masses inégales, sur les zones tempérées. Dans de larges bandes de la zone équinoxiale, la surface des mers, par des courants qui amènent de l'eau froide de latitudes plus élevées, perd une partie de sa température; cette perte est telle que, dans l'Océan Atlantique, à l'ouest et au sud-ouest des côtes de Guinée [1], l'eau de la surface s'abaisse jusqu'à 20°,6 et 22°; le long des côtes péruviennes (près du Callao) d'après l'observation que j'en

[1] Voyez les observations du capitaine Sabine, comparées à celles de M. Duperrey, dans ma *Relat. hist.* t. III, p. 527. Le capitaine Beechey a aussi trouvé en août lat. 12° ½ S. et long. 28° 20' O., la mer à sa surface 21°,8, quand, par le même parallèle, d'autres parties de l'Océan, hors des courants, lui offraient 27°,3 ou 27°,8.

ai faite, pour la première fois, au mois d'octobre 1802, jusqu'à 15°,4 et 19°. Un tel abaissement modifie puissamment la température de l'air qui, dans ces parages, repose sur la mer et sur le continent voisin.

L'Océan équinoxial atteint très-rarement le *maximum* de 28° : on ne l'a pas vu jusqu'ici au-dessus [1] de 30°,6. L'atmosphère, dans le bassin des mers équatoriales, ne s'élève, d'après de bonnes observations faites à l'abri du rayonnement du vaisseau, que bien rarement à 29°, peut-être jamais [2] à 32°. Le capitaine

[1] *Relat. hist.* t. I, p. 234, 237; t. III, p. 498. Arago, dans *Annuaire du Bur. des Long. pour* 1825, p. 183.

[2] Dans la navigation de Guayaquil à Panama, par lat. 4° et 8° (long. 81° et 84°), aux mois d'avril et de mai, on est exposé à de grandes chaleurs par des temps nuageux et des vents du sud-ouest. M. Dirckinck de Holmfeldt, officier danois très-instruit, qui, muni de thermomètres comparés à ceux de l'Observatoire de Paris, a fait, à ma prière, un grand nombre d'observations sur la température de l'eau et de l'air dans la Mer du Sud, a trouvé, par les 4° et 5° N., l'air à 30°,7 et 30°,9; par conséquent un peu plus chaud encore que le capitaine d'Entrecasteaux près des îles Moluques. (Arago, p. 181.) Ce sont des *maxima accidentels*

Beechey, qui, pendant les années 1825-1828, a réuni une si grande masse d'observations météorologiques dans la zone torride, n'a jamais (à l'exception de quatre jours [1] où le thermomètre avait atteint 30°,3 et 31°,6) trouvé l'atmosphère, dans la Mer du Sud, au-dessus de 28°,8. Ces degrés de chaleur si peu élevés contrastent singulièrement avec ceux qu'offre l'*air continental*. La surface du sol s'échauffe, pendant le jour, par l'action directe du soleil très-communément entre les tropiques, jusqu'à 52°,5. Près des cataractes de

auxquels contribuent quelquefois des myriades de petits mollusques et de crustacées qui épaississent pour ainsi dire l'eau de mer, et absorbent plus de chaleur solaire que les molécules d'eau pure avec lesquelles ces animaux sont en contact.

[1] Ces quatre observations, si remarquables dans l'histoire des variations thermométriques de l'*air océanique*, n'offrent cependant qu'un degré de chaleur des plus communs dans la partie continentale de la zone torride, et surtout sur les limites de cette zone et de la zone tempérée. Elles ont été faites (Beechey, *Voyage*, t. II, p. 702, 707, 711) :

En mai,	lat. 20° N.	long. 261° O.	entre les Marianes et Massa,	31°,5
En mai,	— 22° N.	— 236° O.	. . . . . *id.*	30°,5.
En mai,	7° S.	— 151° O.	entre Otahiti et Owihee. . .	31°,8.
En mars,	— 10° N.	— 180° O.	dans le méridien d'Anapulco.	31°,8

l'Orénoque, j'ai trouvé le sable granitique *blanc*, à gros grains, couvert d'une belle végétation de graminées et de melastomes, à 60°,3 de température [1], l'air étant (à l'ombre) de 29°,6. L'astronome Nouet a vu le sable, en Egypte, près Philæ, à 67°,5. L'atmosphère continentale acquiert, dans la zone équatoriale et près de ses limites (des 23° aux 29° de latitude), pendant des mois entiers,

[1] *Relat. hist.* t. I, p. 628; t. II, p. 201, 222, 303, 376. M. Pouillet rapporte avoir vu, à Paris, dans un petit jardin qui recevait le reflet des murs voisins, le sol à 65° (*Eléments de Physique*, t. II, p. 647); mais il n'indique ni la couleur du sol, ni la température de l'air. On ne doit pas oublier que le soleil est, à Paris, du 1er mai au 12 août, tout aussi haut qu'il l'est sous les tropiques par lat. 10° 27′ (par exemple à Cumana), à une autre époque de l'année. M. Arago, dont les recherches sur la température des couches du sol à différentes profondeurs, répandront tant de jour sur le mouvement périodique de la chaleur, a fait un grand nombre d'observations précises sur la chaleur des sables pendant nos grandes chaleurs d'été. Il l'a trouvé le plus souvent de 48° à 50°, mais une fois de 53°, le thermomètre à l'ombre étant 33°. Sur la perte d'eau que les rivières éprouvent entre les tropiques, par l'échauffement et l'imbibition des plages sablonneuses, voyez ma *Relat. hist.* t. II, p. 222.

29° à 34° de *température moyenne*. Si, dans cette même zone, on se borne à considérer le mouvement de la chaleur de l'air pendant le jour seul, on la trouve communément, dans l'air océanique, de 23° à 27°; dans l'air continental, de 26°,5 à 35°. Les *maxima* de l'air continental oscillent, d'après des observations très-dignes de foi, à Pondichéri, à Madras, à Benarès, dans la Haute-Egypte, en Nubie et au Dongola, entre 40° et 46°,8 (32° et 37°,5 Réaumur) [1]. La comparaison de ces *éléments numériques*, dont des observations très-récentes confirment la précision, me dispense de développer ici les différences qui affectent

[1] L'infortuné Ritchie assurait avoir vu souvent, à Mourzouk, dans le Fezzan, par lat. 26°, le thermomètre, placé à l'ombre avec le plus grand soin, à 56°,2 (44°,9 Réaum.). Le capitaine Lyon, son compagnon de voyage, m'a répété ce fait lors de son passage par Paris, en allant des régions brûlantes d'Afrique aux régions polaires. Mais l'air de l'Oasis de Mourzouk n'est-il pas constamment chargé de poussière, de petits grains terreux qui s'échauffent bien autrement que l'air, et qui, par leur rayonnement, élèvent la température des basses couches de l'atmosphère? On a souvent dit, et avec raison, que rien n'est plus difficile que de déterminer la température de l'air ambiant.

l'effet total du courant ascendant (sa force et sa vitesse), selon que l'on considère le courant ascendant au-dessus des *parties océaniques* et des *parties continentales* de la zone torride.

Le prolongement des terres vers les pôles n'est pas moins important sous le rapport de la distribution de la température, que le prolongement des terres vers l'équateur. J'ai déjà exposé plus haut, en comparant la configuration de l'Europe et de l'Asie, de quelle influence est la position d'une mer qui reste libre de glaces lorsqu'elle est interposée entre le pôle et la limite boréale d'un continent. Au nord du détroit de Behring, la ceinture de glace polaire est limitée [1], en été, par une ligne sinueuse dirigée du S. O. au N. E.; elle se maintient selon la température de l'année, tantôt dans le parallèle du Cap Smyth, tantôt dans celui du Cap Collie (lat. 70° $\frac{1}{2}$ à 71° $\frac{1}{4}$), passant du continent de l'Amérique à celui de l'Asie. Aussi le froid de ces contrées est-il si intense que, même dans les mois de juillet et d'août de l'année 1827, l'expédition du *Blos-*

1 Beechey, t. I, p. 537 et 551; t. II, p. 579.

son y a trouvé, par des vents du N. et N. O. (malgré l'influence d'un courant[1] du S. O. qui amène des eaux de 5°,4 à 6°,6) une température moyenne de l'atmosphère qui s'élevait à peine à 4° ½. Les variations étaient de 0° à 8°. Sur le même parallèle, en Laponie, au Cap Nord de l'île Magerœ, dans des régions qui, cependant, se trouvent aussi enveloppées en été de ces brumes qui entravent l'action du soleil, la chaleur moyenne de juillet est encore de 8°. Plus loin des côtes, à Alten (lat. 71°), M. Léopold de Buch[2] l'a trouvée de 17°,5 !

Dans l'hémisphère austral, les extrémités pyramidales des continents qui se prolongent inégalement vers le pôle sud, offrent le *climat des îles*. Des étés d'une température très-basse sont suivis, au moins jusqu'aux 48° et 50° de latitude, d'hivers peu rigoureux; d'où il résulte que les formes végétales de la zone torride, les fougères en arbres et de belles orchidées parasites, peuvent avancer au sud jusque

[1] Ce courant du S. est surtout très-sensible entre le Golfe de Kotzebue et le Cap Hope, où, à cause de la direction de la côte, il porte au N. O.

[2] *Voyage en Norwége*, t. II, p. 416.

vers les 38° et 46° de latitude australe, tandis que, dans l'hémisphère boréal, les fougères en arbres et les orchidées ne dépassent pas le tropique du Cancer [1]. Les premiers (*tree-ferns*) végètent avec force près de Hobart-Town (lat. géographique 42° 53′, lat. isotherme 11°,3), dans l'île Van-Diémen [2], comme à Dusky-Bay, dans la Nouvelle-Zélande (lat. 46° 8′). Le capitaine King a trouvé le sol couvert de plantes (*vegetation thriving most luxuriantly in large woody stemmed trees of Fuchsia and Veronica*), dans l'archipel de la Terre de Feu, où, dans la latitude de Dublin, les hivers ont à peu près 0°,5, les étés seulement 10° de température moyenne (*Voyage of the Beagle*, t. I, p. 563); mais cette fertilité végétale [3], si remarquable, surtout aux côtes occiden-

[1] Robert Brown, dans *Appendix to Flinders Voyage*, p. 575 et 584.

[2] C'est à peu près la latitude géographique de Toulouse dont la latitude isotherme est 13°. Rome est presque d'un degré plus éloigné de l'équateur qu'Hobart-Town. Or nous avons pour Rome $15°,4 \frac{8,1}{23}$, pour Hobart-Town $11°,3 \frac{5,6}{17,3}$.

[3] « The southern hemisphere of America (by his low summer temperature) inhospitable to our feelings

tales de l'Amérique, entre les parallèles de 38° et 45° sud, et si pittoresquement décrite dans l'important ouvrage de M. Charles Darwin, cesse brusquement au sud du Cap de Horn, dans les terres rocheuses et nues des Iles Orkney, Sandwich et South-Shetland; elle cesse même déjà dans des parallèles qui ne sont pas plus rapprochés du pôle austral que la Terre de Feu, dans la Géorgie du sud et les Iles Malouines (lat. 51° ¼ à 52° ½), dont

and to most of the plants, from the warmer parts of Europe, yet is more favourable to the *native vegetation*. The forests, which cover the entire country between the latitudes of 38° and 45° rival in luxuriance those of the glowing intertropical regions. *Whilst in Chiloe* (lat. 42°), *I could almost have fancied myself in Brazil.* Stately trees of many kinds, with smooth and highly coloured barks, are loded by parasitical plants of the monocotyledonous structure; large and elegant ferns are numerous and arborescent grasses intwine the trees into one entangled mass to the height of thirty or forty feet above the ground. Palm trees grow (in the southern extremity of America) till lat. 37°: an arborescent grass very like a bamboo in 40° of latitude. » Darwin, dans *Narrative of the Surveying Voyages of the Adventure and Beagle*, t. III, p. 269-275. (Comparez aussi Humboldt, *De distr. geogr. plant.* p. 81, 83 et 85.)

la température moyenne de l'année (6° ou 8°,3) paraît [1] encore bien incertaine. Les « Terres de Désolation, » comme nomment les navigateurs ces îles rocheuses qui ne produisent que quelques graminées et des plantes cryptogames, se rencontrent donc dans l'hémisphère austral, bien au nord du cercle polaire antarctique, tandis qu'en Norwège, on peut atteindre les 70° à l'ombre de pins de 60 pieds de hauteur. Tel est le contraste qu'offrent les deux hémisphères à égale latitude, surtout au-dessus du parallèle de 50°. Entre les 38° et 45° sud, la végétation à feuilles coriaces, baignée par un air humide, tempéré en hiver, brumeux en été, ressemble, sous plusieurs rapports, à la végétation des *Paramos* [2] de la cordillère des Andes sous les tro-

[1] Voyez la discussion des observations de Mac-Bride, Freycinet et Fitzroy, dans *Mahlmann*, p. 126 et 142.

[2] « Montanæ solitudines, quæ a colonis hispanis uno nomine *Paramos* appellantur (alt. 1600-1900 hexap.), tempestatum vicissitudinibus mire obnoxiæ, ad quas solutæ et emollitæ defluunt nives : ventorum flatibus ac nimborum grandinisque jactu tumultuosa regio, quæ æque per diem et noctes riget, solis nubila et tristi luce fere nunquam calefacta. Calor medius annuus in

piques. Il y a des perroquets dans le détroit de Magellan et dans ces îles Macquarrie [1], qui s'élèvent solitaires au S. S. O. de la Nouvelle-Zélande, dans la latitude du Danemarck, par un parallèle de 55° sud et long. 158° 5′ est, tandis que ce même hémisphère austral est dépourvu de végétation phanérogame et n'offre que des terres couvertes de glaces éternelles, bien en deçà du cercle polaire antarctique.

Les aires de la surface des terres, dans les deux hémisphères séparés par l'équateur, offrent le rapport de 3 à 1; mais cette différence porte beaucoup plus sur les terres appartenant aux zones tempérées que sur celles qui sont situées dans la zone torride. Les premières sont dans les hémisphères boréal et austral, comme 13 à 1, les dernières comme 5 à 4. Une telle inégalité de distribution des masses continentales exerce une influence sensible et sur la force du courant ascendant qui s'incline vers le pôle sud, et sur la température de l'hémisphère austral en général. Il est

zona æquatoriali multis observationibus exploratus 12°,2 – 5°,5.» (Humboldt, *De distrib. geogr. plant.* p. 104.)

[1] Darwin, *Journal*, p. 272 et 611.

probable que le manque de terres fermes produirait un effet beaucoup plus considérable encore, si la répartition des continents était aussi inégale des deux côtés de l'équateur, dans les zones tropicales, qu'elle l'est dans les zones tempérées.

Une dernière considération, celle de la configuration et de la position relative des masses continentales, se rattache à l'état de la civilisation des peuples. Le plus grand développement de cette civilisation, que nous appelons européenne ou occidentale, parce que, dans son mouvement vers l'ouest, elle nous a été transmise par les Grecs, existe aujourd'hui sur deux côtes opposées baignées par les eaux de l'Océan Atlantique. C'est à cause de la prédominance des vents occidentaux que, hors des tropiques, à égales latitudes, les côtes orientales sont plus froides que les côtes occidentales. L'observation de ce fait ne pouvait échapper à des peuples qui étaient également intéressés à examiner le climat de leur sol natal, et que l'état de leur civilisation engageait à entretenir de fréquentes communications. Elle devint fondamentale pour la *théorie des lignes isothermes*. Les côtes orientales et oc-

cidentales d'un même continent, ou les côtes opposées de l'Asie et de l'Amérique, baignées par la Mer du Sud, n'auraient pas offert les mêmes facilités à l'observation du fait que nous signalons. La distance des lieux, l'inégalité de civilisation et des causes perturbatrices qui compliquent un phénomène physique très-simple, auraient empêché de reconnaître pendant longtemps le contraste des climats sur des côtes diversement orientées.

Dès l'époque des premiers établissements stables des Européens sur la côte orientale des Etats-Unis, les colons devaient être frappés de la différence de température hivernale qu'offrait l'Amérique, depuis la Caroline du Nord et la Virginie, jusqu'au fleuve Saint-Laurent, en comparant le climat de ces contrées avec les climats des mêmes latitudes de l'Italie, de la France et de l'Angleterre. Christophe Colomb avait même cru que cette différence s'étendait jusque sous les tropiques. La découverte qu'il avait faite de la *ligne sans variation* et du changement de la déclinaison magnétique à l'ouest des îles Azores, avait laissé une impression si vive dans son esprit, qu'il était sans cesse occupé de l'idée d'un méridien

qui partageait le globe entier en deux hémisphères d'une constitution physique et d'une *configuration* entièrement dissemblables. « Chaque fois, dit-il [1] dans une lettre du mois d'octobre 1498, que je navigue d'Espagne aux Indes, je trouve, dès que j'arrive à cent lieues à l'ouest des îles Azores, un changement extraordinaire dans le ciel (les mouvements célestes), dans les étoiles (la polaire), dans la température de l'air et dans les eaux de la mer. A cette bande (*raya*), l'Océan se couvre d'algues; elle devient unie et calme. La fraîcheur augmente vers l'ouest de telle manière, qu'en arrivant à l'île de la Trinité, je trouve le climat et la verdure comme en avril. » Il y avait, dans ces vagues combinaisons, un aperçu de la *fraîcheur* de l'hémisphère occidental, aperçu dans lequel le grand homme confondait les latitudes, le climat continental et océanique, les températures de l'hiver et de l'été. Kirwan, dans son *Estimation de la température de*

[1] Voyez mon *Examen critique de l'hist. de la géogr.* t. III, p. 26-62. J'ai fait voir dans ce même ouvrage que la position de la célèbre *ligne de démarcation* fixée par le pape Alexandre VI, est le produit des spéculations physiques de Colomb.

différents degrés de latitude [1] (ouvrage qui fait époque dans l'histoire de la Météorologie), a discuté le premier, une à une, les causes qui contribuent à rendre beaucoup plus froide la côte orientale de l'Amérique septentrionale que les côtes occidentales de l'Europe. Les données de températures moyennes que Kirwan pouvait employer dans son travail étaient malheureusement bien incertaines. J'ai tâché d'offrir des comparaisons plus précises entre les parallèles de 31° ½ et de 57° de latitude, dans l'ouvrage que j'ai publié en latin, sous le titre : *De Distributione geographica plantarum* (p. 68). Comme il y a déjà plus de vingt-cinq ans que ce livre a paru, je vais, dans les deux tableaux qui suivent, offrir des données plus dignes de confiance.

[1] Chap. VII, p. 77 (traduction française de 1789).

I. *Quelle température moyenne de l'année correspond aux mêmes latitudes géographiques sur la côte orientale de l'Amérique du nord et la côte occidentale de l'Europe?*

				DIFFÉRENCE de température annuelle.
Nain, lat. 57° 10'.....	— 3,6	— 18	7,6	11°,5
Gothenbourg, lat. 57° 0'.	+ 7,9	— 0,3	16,9	
St-Johns, lat. 47° 34'...	+ 3,5	— 4,9	12,2	7°,3
Bude, lat. 47 30'.....	+ 10,3	— 0,6	21,1	
Paris, lat. 48° 50'.....	+ 10,8	3,3	18,1	
Halifax, lat. 44° 39'.....	6,2	— 4,4	17,2	7°,7
Bordeaux, lat. 44° 50'...	13,9	6,1	21,7	
New-York, lat. 40° 43'..	12,1	.....		3°,8
Washington, lat. 38° 53'.	12,7	2,3	21,7	
Naples, lat. 40° 51'.....	16,1	— 9,8	23,8	
Lisbonne, lat. 38° 52'....	16,4	11,3	21,7	
S.-Augustin, lat. 29° 48'.	22,3	15,3	18,2	0°
Le Caire, lat. 30° 2'.....	22,1	14,7	29,2	

II. *À quelles latitudes géographiques correspond un même degré de température annuelle sur la côte orientale de l'Amérique du nord et la côte occidentale de l'Europe?*

Moyenne de latitude.	Amérique.	Europe.
14° ½	Nain — 3°,6..... 57°10'...	68°40' (Laponie).
12° ½	St-Johns 3°,5... 47°34'...	59°56' (Pétersb.).
10°	Halifax + 6,2... 44°39'....	54°43' (Königsb.).
4° ½	Washingt. + 12,7..38°51 ..	43°36' (Toulouse).
0°	St-Augustin + 22,1..29°48 ..	30°2' (Le Caire).

C'est probablement le spirituel compagnon de Cook, mon illustre maître Georges Forster, qui a eu le mérite d'avoir annoncé le premier, d'une manière précise, la différence des côtes orientales et occidentales dans les *deux continents*, comme aussi l'analogie qu'offre la côte N. O. de l'Amérique avec les côtes occidentales de l'Europe [1].

Le décroissement des températures moyennes de l'équateur au pôle, dépendant de l'ac-

[1] George Forster, *Kleine Schrifften*, t. III (1794), p. 87. Comparez aussi Kämtz, *Met.* t. II, p. 41, 43, 67 et 96; Dove, dans Schumacher, *Iahrbuch*, 1841, p. 289; Arago, dans les *Comptes rendus*, t I, p. 268.

tion du soleil, modifiée par la configuration et les rapports de position des masses continentales, est le plus rapide[1] dans les deux mondes entre les parallèles de 40° et 45°. L'observation offrirait, sur ce point de Climatologie, un résultat conforme à la théorie, la variation du carré du cosinus étant la plus grande possible vers les 45° de latitude, si ce que l'on appelle un peu trop fastueusement la *loi des températures* n'était pas aussi une pure représentation algébrique de l'observation. Dans le système des climats de l'Europe occidentale, la température moyenne annuelle qui correspond à cette latitude, est de 13° et 13°,8, et le mois le plus froid y atteint encore 3° à 4° de chaleur moyenne. C'est la belle et fertile zone qui traverse le midi de la France (entre Valence et Avignon), et l'Italie (entre Lucques et Milan); c'est la zone dans laquelle la région des vignes touche à celle des oliviers et des citronniers. Nulle part ailleurs, en avançant du nord au sud, on ne voit accroître plus sensiblement les températures; nulle part aussi les productions végétales et les objets

[1] *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. III, p. 503.

variés de l'agriculture ne se succèdent avec plus de rapidité. Or, une grande différence dans les productions des pays limitrophes, vivifie le commerce et augmente l'industrie des peuples agricoles, si d'autres causes perturbatrices, politiques et morales, ne s'y opposent. A l'est, au-delà de l'Adriatique et de la Bosnie, dans l'intérieur de l'Asie et à l'ouest de l'Atlantique, dans l'Amérique boréale, partout où les lignes isothermes prennent des sommets concaves à cause de la forme, de l'orientation et du relief des continents, le parallèle de 45° ne présente plus les mêmes avantages. Dans le Nouveau-Monde, la température moyenne de l'année atteint, sur ce parallèle, à peine 6°,5; celle du mois le plus froid descend même jusqu'à —8°. Le climat des vignes n'y commence que par une latitude de 6° ou 7° plus méridionale.

Dans toutes les considérations qui précèdent, nous n'avons envisagé les continents que sous le rapport de l'étendue, de la forme des contours et du prolongement par différents degrés de latitude, en faisant abstraction de l'*état de la surface* du sol. C'est cependant cet état d'agrégation, de composition chimi-

que et de couleur, de perméabilité, de capacité pour la chaleur, et de propriété conductrice, de nudité et de fertilité végétale, d'humidité et de sécheresse habituelle, qui détermine les pouvoirs *absorbants* et *émissifs*. Quelles différences d'effets entre les déserts rocheux ou sablonneux, les savanes couvertes de gazon, les steppes ou plaines *herbageuses* (pour me servir d'une expression de Volney), offrant des dicotylédonées non frutescentes de 6 à 7 pieds de hauteur, les forêts, les marécages et les pays d'ancienne culture! Les déserts proprement dits de sable et de roche nue [1], sont un phénomène géologique d'une origine [2] encore peu approfondie : ils appartiennent presque exclusivement à la partie chaude et tempérée de l'Ancien-Continent ; les savanes, au contraire, caractérisent l'Amérique comme deux formes de steppes, l'une à petites plantes salines, l'autre à grandes herbes de la famille des Composées et des Lé-

[1] M. Ehrenberg a prouvé récemment que, dans une grande partie des déserts de l'Afrique, les surfaces rocheuses prédominent de beaucoup sur les sables. Il en est de même dans l'Asie centrale.

[2] Voyez mes *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 25.

gumineuses, caractérisent la Russie méridionale, la Sibérie et le Turkestan. Depuis l'extrémité occidentale du Sahara jusqu'à l'extrémité orientale du Gobi, sur une étendue de 132° en longitude, on trouve une large ceinture presque continue de déserts à travers le centre de l'Afrique, l'Arabie, la Perse, le Candahar, le Tchian-chan Nanlou et le pays des Mogols. Plus de $\frac{2}{3}$ de cette surface du sol, nue et aride, est située à l'ouest de l'Indus et dans la zone la plus rapprochée du tropique. En se rappelant que l'action solaire élève, de jour, sous cette latitude, les sables à plus de 50° ou 60° de température, on peut concevoir de quelle influence la continuité d'un tel état de la surface doit être pour la distribution de la chaleur d'une vaste partie du globe. Le seul Sahara d'Afrique (en y comprenant les Oasis éparses, mais non le Darfour et le Dongola) a une aire de 194,000 lieues carrées de 20 au degré, ce qui est plus que le double de la surface de la Méditerranée [1]. Dans les forêts de l'Orénoque, où, au milieu de la plus vigou-

[1] Je trouve pour la Méditerranée 77,300, pour la Mer Noire 14,000 lieues marines carrées.

reuse végétation, on découvre d'immenses îlots de roche nue s'élevant à peine de quelques pouces au-dessus du reste de la plaine, j'ai trouvé, pendant les longues nuits des tropiques, la température des strates de granite-gneis de 36°, l'air ambiant n'étant qu'à 25°,8. Les effets calorifiques de ces strates et leur action sur le courant ascendant, continuaient par conséquent pendant l'absence du soleil. Je voyais les roches nues revenir aux mêmes heures, à peu près à la même température, parce que le milieu environnant qui détermine la perte de la chaleur [1] par rayonnement, éprouvait des variations très-régulières. Quant aux différences des pouvoirs absorbants et émissifs dépendant de la couleur, de la densité, de la capacité et du poli de la surface, il suffit de rappeler les contrastes qu'offrent les formations blanches de calcaires secondaires ou tertiaires, de grès quarzeux (*quadersandstein*) et de trachytes feldspathiques avec les

[1] Cette perte ne suit cependant pas la loi de Newton (*Scala graduum caloris* dans *Phil. Trans.* 1701, p. 162), comme MM. Dulong et Petit l'ont prouvé dans leur travail sur la loi du refroidissement.

syénites riches en amphibole, les diorites, les basaltes, les mélaphyres, les calcaires bleues ou noires de transition, les thonschiefer soyeux et les micaschistes d'un éclat métallique; c'est de l'état particulier de la surface que dépend le partage entre les rayons absorbés et les rayons réfléchis.

Les savanes (plaines couvertes de graminées) appelées *prairies*, entre le Missouri et le Mississipi, s'échauffent même là où elles restent entièrement sèches, par l'action solaire diurne bien moins que le sable des déserts. Les feuilles membraneuses, lancéolées et aiguës des petites monocotyledonées (familles des Cyperacées et des Graminées), leurs chaumes très-minces, leurs épillets souvent portés sur des pédicelles ramifiés, rayonnent vers les espaces célestes, et ont un pouvoir émissif extraordinairement grand. Wells et Daniell [1] ont vu, dans nos latitudes, par des nuits sereines, baisser le thermomètre dans l'herbe de 6°, de 8° et même de 9°,4. C'est à cette cause frigorifique et à la condensation de la vapeur qui en est l'effet, que nous devons at-

[1] *Metereol. Essays*, 1827, p. 230, 232, 278.

tribuer, dans les immenses *Llanos* de l'Amérique équinoxiale, pendant une longue absence des pluies, la surprenante fraîcheur et la conservation de la végétation. Les petites graminées et les arbres des forêts se trouvent dans des circonstances très-différentes. Les arbres, en refroidissant l'atmosphère par rayonnement autour de leurs cimes, envoient des couches d'air refroidi vers le sol que leur ombrage empêche de rayonner, tandis que les graminées restent pour ainsi dire plongées dans l'atmosphère même dont elles ont abaissé la température et précipité l'humidité sous forme de rosée[1]. Etendus dans l'herbe par de belles nuits des tropiques, dans les plaines de Venezuela et du Bas-Orénoque, nous avons souvent éprouvé, M. Bonpland et moi, cette fraîcheur humide là où les couches de l'atmosphère, plus élevées de 5-6 pieds, avaient encore 26° à 27°. Le phénomène géologique de ces plaines, qui forment horizon, et dans lesquelles aucune ondulation n'entrave le

[1] Voyez l'intéressant Mémoire de M. Daniell sur les *Climats considérés dans leur rapport avec l'Horticulture* (*Met. Essays*, p. 522).

rayonnement de la surface verdoyante, appartient presque exclusivement au Nouveau-Continent. Près de l'équateur, sous le ciel brumeux du Haut-Orénoque, du Rio-Negro et de l'Amazone, les plaines sont cachées sous d'épaisses forêts; mais au nord et au sud, la zone de palmiers et de grands arbres dicotyledons qui forment les forêts, est bordée par des *Llanos* [1] et des *Pampas* [2], savanes couvertes de graminées, offrant une surface dix fois plus grande que la France.

Pour faire entrevoir quelle influence puissante cet état de la surface exerce sur le climat, il suffit de rappeler que cette *région des graminées* occupe, dans l'Amérique du sud, 50,000 lieues carrées de plus que la chaîne des Andes, et que tous les groupes isolés des montagnes du Brésil et de la Parima. Si l'on ajoute à cette étendue de surface les *prairies* du Missouri et les plaines entre le Lac des Esclaves

[1] Les *Llanos du Bas-Orénoque, du Meta et du Guaviare* ont 29,000 de ces lieues carrées marines, dont la France (y compris la Corse) n'a que 17,100.

[2] *Pampas du Rio de la Plata et de la Patagonie*, de 135,200 lieues carrées.

et l'Océan boréal, parcourues par Hearne, Mackenzie et le courageux Franklin, on se formera une idée précise de la grandeur de ce phénomène de *savanes*, qui, dans les régions les plus boréales, ne présentent que des plantes licheneuses ramifiées (Physciæ). Sous la zone tempérée, en Angleterre, par exemple, comme M. Daniell le fait observer avec justesse, le rayonnement nocturne, dans les prairies et les bruyères, peut abaisser la température de l'air pendant dix mois de l'année, jusqu'au point de la congélation. A Paris [1], même dans une année (1818) d'une température moyenne assez élevée (11°,32), il n'y a eu qu'un seul mois où l'on n'ait pas observé un abaissement au-dessous de 8°, et dans ce seul mois (juillet), les extrêmes [2] ont été 34°,5 et 10°,2; par conséquent, l'herbe, dans une nuit claire, a pu se refroidir jusqu'à + 0°,8.

Les forêts agissent comme causes frigorifiques de trois manières différentes, soit en abritant le sol contre l'irradiation solaire, soit en faisant naître, par l'action vitale et la

[1] La moyenne de 21 ans est pour Paris 10°,81.

[2] Arago dans *Ann. de Chimie*, t. IX, p. 426.

transpiration cutanée des feuilles, une forte évaporation de liquides aqueux, soit enfin en multipliant, par l'expansion laminaire de ces mêmes organes appendiculaires, les surfaces qui sont susceptibles de se refroidir par le rayonnement. Ces triples effets *superposés* (fraîcheur de l'ombrage, évaporation et rayonnement), sont d'une telle importance, que la connaissance de l'étendue des forêts, comparée à la surface nue ou couverte d'herbes et de graminées, est un des éléments numériques les plus intéressants et les plus négligés de la Climatologie d'un pays. La rareté ou l'absence des forêts augmente à la fois la température et la sécheresse de l'air, et cette sécheresse, en diminuant l'étendue des nappes d'eau évaporantes et la force de la végétation du gazon, réagit sur la chaleur du climat local. La bande de terres en grande partie nues[1] et arides qui entourent les bassins de la Mé-

[1] Sur les effets remarquables des déboisements sous les tropiques, par exemple dans le système des eaux des vallées d'Aragua et du plateau Mexicain, voyez ma *Relat. histor.* t. II, p. 269-77, et mon *Essai pol. sur la Nouvelle-Espagne* (2e édit.), t. II, p. 44, 426.

diterranée, de la Caspienne et du lac Aral, offre le type de ces phénomènes dont, en Italie, l'industrie des peuples agricoles sait diminuer l'influence nuisible par des irrigations artificielles. En ne considérant que l'abri ou l'ombrage des arbres, l'effet frigorifique de cet ombrage sous la zone tempérée, est le plus grand au printemps et au commencement de l'été, où les neiges restent accumulées dans les forêts, même là où la température moyenne des mois, comme dans le nord de la Russie et en Allemagne, s'élève déjà à 13° ou 14°. Lorsque le sol des forêts est marécageux, ce qui est très-commun en Europe, dans l'Amérique septentrionale et dans les régions de l'Asie que j'ai parcourues, l'abri des arbres, par l'absence de l'irradiation solaire, devient encore plus dangereux pour le climat, parce que les marais, à demi-couverts d'Ericacées et de Rosages, gèlent jusqu'au fond et forment de *petits glaciers* qui résistent longtemps à la chaleur obscure.

Les fonctions vitales des feuilles se réduisent principalement à la transpiration aqueuse (à l'évaporation des liquides) et à la respiration aérienne, les stomates de l'épiderme of-

frant (d'après les recherches de MM. Adolphe Brongniart [1] et Dutrochet) une voie de libre communication entre l'atmosphère, le système des cavités aériennes et les utricules du parenchyme. Je n'insisterai point ici sur les effets frigorifiques et calorifiques de la respiration gazeuse, si différente dans l'obscurité et sous l'influence mystérieuse de la lumière solaire, selon que les feuilles absorbent de nuit l'oxygène de l'air et dégagent de l'acide carbonique, ou que, de jour, elles décomposent ce dernier, s'approprient le carbone et exhalent du gaz oxygène. Pendant cette respiration aérienne, dans ces *changements d'état*, accompagnés de changements chimiques (de substitutions de bases), des quantités de calorique deviennent sans doute latentes ou libres : mais, quoique l'absorption nocturne du gaz oxygène s'élève, d'après les belles expériences de M. Théodore de Saussure, à sept fois le volume des feuilles annuelles ou *tombantes* [2], on peut supposer cependant que ces pertes

[1] Adolphe Brongniart dans les *Annales des Sciences nat.* déc. 1830, p. 446, 450.

[2] De Candolle, *Organographie*, t. I, p. 358, 360.

et additions de carbone dans l'acte de la respiration aérienne des forêts, influent d'une manière peu sensible sur la température de l'océan aérien.

Il n'en est pas de même de la transpiration aqueuse qui produit ce que, dans toutes les langues et surtout entre les tropiques, on désigne si bien par le mot de *fraîcheur humide*. Des torrents de vapeurs s'élèvent au dessus d'un pays équinoxial couvert de forêts, et en se rappelant que Hales a trouvé que les feuilles d'un seul pied de Hélianthus, de 3 pieds et demi de hauteur, avaient près de 40 pieds carrés de surface, on peut concevoir quelle doit être la force de l'évaporation au-dessus de la région des forêts de l'Amazone et du Haut-Orénoque, qui n'est interrompue que par le cours du fleuve, et qui offre une aire de 260,000 lieues carrées marines. Le ciel constamment brumeux de ces belles contrées et de la province de Las Esmeraldas, à l'ouest du volcan de Pichincha, l'abaissement de la température dans les missions du Rio-Negro [1], les traînées de vapeurs [2] que j'ai aperçues en plein

[1] *Relat. hist.* t. II, p. 463.
[2] L. c. t. I, p. 436.

jour dans les forêts vierges, entre la cime des arbres, sont les effets simultanés de cette transpiration (exhalation) aqueuse des feuilles et de leur rayonnement vers les espaces célestes. Quant au froid produit par ce dernier, le mode d'action de tout le système appendiculaire d'un grand arbre peut, je crois, être conçu de la manière suivante :

Les feuilles, loin d'être toutes dans une position horizontale et parallèle entre elles, offrent diverses inclinaisons avec l'horizon; mais d'après la loi de Leslie [1], l'influence de ces inclinaisons sur la quantité de chaleur émise par rayonnement ou ce qui est identique, le pouvoir rayonnant d'une surface évaluée dans une certaine direction, est égal à celui qu'aurait sa projection sur une surface perpendiculaire à cette même direction. Or, dans l'état initial du refroidissement par émission, de toute la masse des feuilles qui forment la cime d'un arbre, et qui se couvrent en partie les unes les autres, celles, ou les parties de

[1] M. Fourier a prouvé la généralité de cette loi par la voie de l'analyse. (*Nouv. Mém. de l'Institut*, art. 90, 96.)

celles qui, d'une de leurs surfaces, rayonnent librement vers le ciel, diminuent les premières de température, et cette diminution (cet épuisement de chaleur) est d'autant plus considérable que les lames foliacées sont plus minces. La seconde couche des feuilles, opposée par sa surface supérieure à la surface inférieure de la première couche, donnera, en rayonnant contre celle-ci, plus qu'elle n'en peut recevoir, et le résultat de cet échange inégal de rayonnement sera encore un refroidissement : cette action se propagera de couche en couche, jusqu'à ce que les feuilles de l'arbre entier, différemment influencées par leur situation respective, passent à un état d'équilibre stable, dont la loi peut être déterminée par l'analyse mathématique. C'est ainsi que l'air qui pénètre entre les interstices des feuilles et entoure la forêt, se refroidit pendant des nuits claires, et qu'à cause de la multiplicité de ses organes appendiculaires en forme de lames très-minces, un arbre, dont la section horizontale du sommet n'a pas 400 pieds carrés, agit sur l'abaissement de la température de l'atmosphère par une surface plusieurs milliers de fois plus grande que 400 pieds carrés

d'un sol nu ou couvert de gazon. Dans ce sol, l'abaissement est masqué par la chaleur, qui afflue de couche en couche de l'intérieur de la terre. Le mouvement de l'air qui augmente l'évaporation, et, d'après les ingénieuses expériences de M. Knight, l'ascension de la sève, est contraire aux effets frigorifiques de rayonnement. Cet effet est d'autant plus actif pendant les longues nuits de la zone équinoxiale que, loin des côtes, la diaphanëité et le calme nocturne de l'atmosphère y sont plus grands.

Après les trois modes d'action (l'abri contre l'action solaire, l'évaporation et le rayonnement) variables dans la zone tempérée, selon que les *plantes sociales* [1], réunies en forêts,

[1] Agri natura et circumfusi aeris calor, pro diversitate cœli, modo temperatus, modo incitatus, non solum distributionem ordinum (*familiarum*) moderatur, sed in eo quoque vim suam exercet, ut stirpes modo catervatim, modo sigillatim gignuntur. Vivunt enim, ut animalia sive *sparsæ, sive sociatæ;* et si Ericæ vulgaris plantulam in quolibet agro solam animadvertas extra naturæ suæ legem errantem putes, eodem jure, ac formicam singulam per sylvas vagantem. (Humboldt, *de distrib. plant.* p. 50.)

sont de la famille des Amentacées (chênes, hêtres, bouleaux) ou de la famille des Conifères, je devrais faire encore mention d'un quatrième mode d'action, de signe contraire; de l'obstacle que l'ombrage oppose au refroidissement du sol par rayonnement; mais cette influence calorifique devient insensible au milieu de tant de causes frigorifiques *superposées*. Par une nuit obscure, je n'ai pas trouvé l'intérieur des forêts du Cassiquiare et de l'Atabapo plus chaud qu'une savane. Le sol de la forêt, rayonnant contre un feuillage épais, en reçoit sans doute l'influence; mais, abrité par le même toit végétal, pendant le jour, contre les rayons du soleil, sa température, à l'entrée de la nuit, s'est déjà trouvée moins élevée par l'action solaire.

Nous venons de considérer la surface du sol, selon qu'elle est *nue* (rocheuse), *couverte de gazon* ou abritée par des *forêts*. Il reste à rappeler les effets que produisent soit les eaux stagnantes des marais et des lacs, soit celles qui circulent dans le lit des grandes rivières sujettes à des inondations périodiques. Sous la zone extratropicale, ces eaux tempèrent les ardeurs de l'été, parce qu'elles ne s'échauffent

pas au même degré que les surfaces opaques, et parce que, dans leur évaporation, elles absorbent du calorique. Une grande profondeur des eaux diminue le froid de l'hiver aussi longtemps que la glace ne se forme pas. Nous observons que, dans les latitudes où la température moyenne de l'hiver est au-dessus de 3° $\frac{1}{2}$, les rivières ne gèlent que lorsque le thermomètre, exposé à l'air, est descendu, pendant quelques jours, à — 8° ou — 10°. Au contraire, au-delà des parallèles de 58° et 60°, le dégel tardif des rivières, des lacs et des marais augmente le froid du printemps.

Sous les tropiques, la température si peu variable de l'atmosphère, calme et agitée, égalise la chaleur des éléments de l'eau et de l'air. Entre les 4° et 8° de latitude, j'ai trouvé les eaux de l'Orénoque constamment de 27°,5 à 29°,5, par conséquent peu différentes de la

[1] Voyez, pour les observations partielles, *Rel. hist.* t. II, p. 233, 377, 389, 607; sur les températures beaucoup plus basses des eaux du Rio Negro et du Rio Congo, t. II, p. 252 et 463. Dans les inondations de la rivière de Guayaquil, j'ai vu monter le thermomètre à 35°,5 (t. II, p. 389).

température moyenne de l'air. L'absence presque totale du vent au milieu des forêts y rend les effets frigorifiques de l'évaporation presque insensibles.

Telles sont les causes de la variation de température qu'offre l'état du sol dans les plaines. Les *montagnes* peuvent être considérées, soit dans leur influence sur le climat des plaines voisines, soit dans celles qu'elles exercent, par leur élévation au-dessus du niveau des mers, sur leur propre surface. La première de ces actions se manifeste par la réverbération de la chaleur au pied d'un mur de rochers escarpés [1], par l'abri que donnent les chaînes de montagnes contre certains vents prédominants, et par le froid que répandent les courants descendants, refoulés le long de la pente rapide d'un pic dont le sommet est très-élevé. Sous les tropiques comme dans les fortes chaleurs de l'été de la zone tempérée, lorsque la température des basses régions de l'atmosphère s'élève à 27° ou 28°, des couches d'air qui n'ont que 10° de tempé-

[1] Positions des villes de Ste-Croix de Ténériffe, de la Guayra et d'Acapulco.

rature se trouvent déjà suspendues à 1400 ou 1500 toises de hauteur au-dessus des plaines. Des vents obliques peuvent, par conséquent, devenir une des causes frigorifiques les plus puissantes et les plus générales; mais pour que cette cause agisse, il faut des circonstances particulières de conflit entre courants opposés, de changement de densité, de rétablissement d'équilibre. L'expérience nous prouve que la configuration du sol ou le relief des montagnes, c'est-à-dire la présence d'un *récif* ou *haut-fond* dans l'*océan aérien*, favorise singulièrement la fréquence de ces courants descendants. Le mélange des couches supérieures et inférieures s'opère tant par la résistance que les pentes opposent au mouvement de l'air, que par les variations de température qu'une masse rocheuse (solide et opaque), pénétrant dans les hautes régions de l'atmosphère, produit localement par les effets de l'absorption des rayons solaires et de l'émission nocturne de la chaleur obscure. Le froid que l'on éprouve à de certaines heures, au déclin du jour, au pied d'un pic isolé, les oscillations des couches de nuages dans le sens vertical, des résultats quelquefois très-douteux

des mesures barométriques sont les effets des courants descendants. La forme et la continuité des pentes, surtout lorsqu'elles sont couvertes d'un gazon très-court, m'ont paru accroître[1] la force des mouvements obliques de l'air. Au contraire, une large ceinture de forêts tropicales, une pente interrompue par des plateaux qui, par leur rayonnement, élèvent la température de l'air ambiant et ralentissent le décroissement du calorique, rendent peu sensibles les effets frigorifiques que nous venons de désigner. Dans la province de Quito, au Pérou et au Mexique, j'ai vu les plaines se prolonger jusqu'au pied des *Nevados* (jusqu'à la pente des Cordillères), et offrir, dans toute leur étendue, la même chaleur du climat tropical. On doit croire aussi que la grande hauteur de la limite des neiges sous la zone équinoxiale, contribue à diminuer l'influence des *Nevados* sur les basses régions, tandis que, dans la zone tempérée, des cimes très-peu élevées, mais qui restent couvertes, jusqu'au commencement de l'été, de neiges tombées pendant l'hiver, refroidissent puissamment, par des vents

[1] Voyez sur l'air qui descend du sommet arrondi de la Silla de Caracas, *Rel. hist.* t. I, p. 580, 586, 597.

obliques ou courants descendants, les plaines voisines. Ces effets de neiges sporadiques, restreints, il est vrai, à une partie de l'année seulement, commencent déjà à se faire sentir au Mexique par les 19° de latitude. Dans la partie boréale de la zone torride, les neiges se montrent déjà très-communément, et avec une certaine durée, jusqu'au-dessous de 1500 toises de hauteur.

Il résulte de l'ensemble de ces considérations que l'agroupement des montagnes, puisqu'il divise la surface de la terre en bassins ou en vastes cirques, comme dans la Grèce et dans l'Asie mineure, *individualise* et diversifie le *climat des plaines* sous les rapports de la chaleur, de l'humidité et de la diaphanéité de l'air, sous ceux de la fréquence des vents et des orages. Ces circonstances influent sur la variété des productions et des cultures, sur les mœurs, la forme des institutions et les haines nationales. Le caractère d'*individualité géographique* atteint, pour ainsi dire, son *maximum*, là où les différences de configuration du sol dans le plan vertical et le plan horizontal, dans le relief et la sinuosité des contours (l'*articulation* de la surface plane),

sont simultanément le plus grandes possible.

Il nous reste à terminer l'examen du *sol* par la considération de l'influence des montagnes et des plateaux sur leurs propres surfaces et les couches d'air dans lesquelles ils sont plongés. La loi du *décroissement du calorique* est un des objets les plus importants pour l'étude de la météorologie et de la physique du globe en général, pour la géographie des plantes et les cultures appropriées à chaque hauteur, pour la théorie des réfractions et les diverses hypothèses qui tentent de fixer la limite de l'atmosphère. J'ai traité cette matière d'une manière très-étendue dans d'autres ouvrages [1], et je me bornerai ici à ajouter, à des

[1] Voyez dans mon *Recueil d'observations astronomiques*, t. I, p. 126-140, le Mémoire sur les réfractions astronomiques dans la zone torride, correspondantes à des angles de hauteur plus petits que 10° et considérées comme effet du décroissement du calorique; les *Mémoires d'Arcueil*, t. III, p. 592; ma *Relat. hist.* t. I, p. 119, 141-143, 227; Biot, dans la *Connaissance des temps* pour 1841, p. 90-109. Sur le décroissement à différentes heures (dans l'hiver et dans l'été de chaque jour), voyez les observations faites par MM. Horner et Eschmann au Rigi, à la petite hauteur de 920 toises, mais presque d'heure en heure pendant vingt-six jours,

considérations générales et aux résultats que j'ai obtenus dans mes voyages, quelques ob-

en janvier et en juin (*Bibl. univers.* 1831, avril, p. 149). Ces savants ont obtenu pour 1° cent. à 7 heures du matin 129 toises de décroissement; pour 5 heures après midi 95 toises. Les heures du jour représentent ici de nouveau les saisons de l'année, car Saussure trouvait aussi 14 t. (correspondantes à 1° du therm. cent.) de plus en hiver qu'en été. Comparez sur l'influence des saisons les nouvelles observations de M. Kämtz dans *Vorlesungen über Meteorologie*, 1840, p. 245; et M. Dove, dans son *Répert.* t. III, p. 331. Dans la célèbre ascension aréostatique de M. Gay-Lussac, le 16 septembre 1804 (les deux stations étant 30°,8 et — 9° $\frac{1}{2}$), le décroissement moyen a été de 73°,7 toises. La rapidité de ce décroissement a augmenté un peu au-dessus de la hauteur du Mont-Blanc. Saussure s'arrête pour l'année entière à 98 toises; Raymond à 75 toises; Delcros à 78 toises (toutes ces évaluations n'ont rapport qu'à la zone tempérée); d'Aubusson à 88 toises. Mes observations sous les tropiques ont donné, sur la pente des Cordillères, 95 toises, mais en comparant seulement des plateaux, 113 toises. Si la loi du décroissement était la même dans toutes les couches superposées, et si, à la limite des neiges, sous toutes les latitudes, comme on l'a admis longtemps par erreur, la température moyenne était zéro, la hauteur des neiges donnerait d'une manière très-simple, par un multiple, la température moyenne des plaines. Voyez, pour la plus grande réu-

servations très-récentes sur les variations qu'éprouvent, sous l'influence de circonstances très-compliquées et pas suffisamment explorées, la limite des neiges éternelles.

Le tableau suivant renferme les résultats des observations que j'ai faites, près de l'équateur, dans les Andes de Quito et vers l'extrémité boréale de la zone torride, dans les Cordillères du Mexique. Ces résultats sont les vraies moyennes, telles que les donnent, soit les observations stationnaires faites pendant plusieurs années, soit les observations isolées. On a eu égard, dans ces dernières, à l'heure du jour, à la distance des solstices, à la direction du vent et aux effets de la réverbération des plaines.

pion de résultats numériques qui aient rapport au décroissement du calorique, Munck, dans *Gehler, Neues physik Worterbuch*, t. III, p. 1008-1020, et Kämtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, t. II, p. 141-159. Dans la zone tempérée boréale, la direction des vents influe puissamment sur la lenteur du décroissement. Par des vents *ouest*, le décroissement est de beaucoup plus rapide que par des vents *sud-est*, les couches supérieures de l'atmosphère étant comparativement plus froides lorsque les vents soufflent de l'ouest. Schumacher, *Iahrbuch*, 1841, p. 245.

HAUTEURS au-dessus du niveau DE L'OCÉAN.	CORDILLÈRES DES ANDES, de 10° de latitude boréale à 10° de latitude australe.		MONTAGNES DU MEXIQUE, de 17° à 21° de latit. boréale.	
	Températ. moyenne de l'année.	EXEMPLES qui peuvent servir de type.	Températ. moyenne de l'année.	EXEMPLES qui peuvent servir de type.
0. (On a ajouté de mille à mille mèt. une haut. comparative.)	27°,5	Cumana (10 m.), de jour 26°—30°, de nuit 22°—23°,5; max. 32°,7; minim. 21°,2. Tempér. moy. 27°,7.	26°,0	Vera-Cruz (0 m.), de jour 27°—30°, de nuit 25°,7 — 26 en été; 19°—24°, et 18° —22° en hiver. Températ. moy. 25°,4.
800 t. (974 mèt.) Vésuve 1180 m.	21°,8	Caracas (936 m.), de jour 18°—23°, de nuit 16°—17°; max. 25°,7; minim. 12°,5. Tempér. moy. 21°,9. Vega de Zapia (1225 mèt.); tempér. moy. 21°,5.	19°,8	Xalapa (1320 m.), tempér. moy. 18°,2 en hiver, de jour 14° —15°; Chilpantzingo (1379 m.), sur un plateau qui rayonne; tempér. moy. 20°,6.
1600 t. (1949 mèt.) Hospice du S.-Gothard, 2075 mètres.	18°,0	Popayan (1809 m.), de jour 19°—24°, de nuit 17°—18°. Tem. moy. 18°,2. Santa-Fé de Bogota (2659 mèt.); tempér. moy. 14°,5, de jour 15° —18°, de nuit 10° —12; min. +2°,5.	18°,0	Valladolid de Méchoacan (1986 m.), temp. moy. 19°—20; Mexico (2266 m.), de jour 16°—21°, de nuit 13° — 15°; dans les mois les plus chauds: 11°,5 — 15° et 0° à +7° dans les mois les plus froids. Tempér. moy. 16°,3—17°.
1500 t. (2923 mèt.) Canigou, 2786 m.	14°,5	Quito (2908 m.), de jour 15°,6—19°,3, de nuit 9° — 11°; max. 22°; min. 6°. Tempér. moy. 15°,5.	14°,0	Toluca (2690 m.); températ. moy. 15°; au Nevado de Toluca (3466 m.); source 9°.
2000 t. (3898 mèt.) Pic de Ténériffe, 3716 mèt.	7°,0	Micuipampa (3818 m.), de jour 5°—9°, de nuit +2 à —0°,4; les Paramos (3500 mèt.), en général, tempér. moy. 8°,4.	7°,5	Au Nevado de Toluca (3713 m.), en septem., midi, 11°,5; au Coffre de Perote (3700 m.), en fév., à 9 h., 10°,2.
2500 t. (4872 mèt.) Mont-Blanc, 4775 mèt.	1°,5	A la limite inf. des neiges perpét. (4500 mèt.), de jour, 4°—6°, de nuit —2° à —6°; au Chimborazo (5500 m.), en juin, à 1 heure, j'ai vu le therm. à —1°,8.	1°,0	Au Pic del Fraile (4621 mèt.), j'ai vu le therm. en septembre à midi, à +4°,3.

J'ai réuni, dans le *Mémoire sur les lignes isothermes*, trente-deux points dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer, et la température moyenne de l'année ont pu être déterminées avec une précision suffisante pour en déduire le décroissement de la chaleur dans les couches superposées de l'atmosphère. Ces points sont tous situés dans la zone torride et sur la pente des Cordillères. Mon savant ami, M. Boussingault, qui a visité l'Amérique équinoxiale trente ans après moi, a publié, dans son *Mémoire sur la profondeur à laquelle on trouve la couche de température constante entre les tropiques* [1], un tableau

[1] *Annales de chimie*, juillet 1833, et Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, 1841, p. 82. J'ai corrigé dans le tableau de 0 à 2500 toises de hauteur qui précède, les températures moyennes de Caracas, de Popayan et de Quito, d'après les données de M. Boussingault. Je les avais évaluées : 20°,8; 18°,7 et 14°,4. Pendant trente mois d'observations faites à Quito par le colonel Hall et M. Salaza de 1825 à 1827, les températures moyennes des mois ont oscillé entre 13°,7 et 16°,9. La température moyenne de Quito (15°,5) supérieure à celle de Bogota (14°,5), malgré la différence de hauteur de 250 mètres et le peu de différence de latitude, est un phénomène assez frappant. Les observations

de température moyenne renfermant cent vingt-huit points, tableau probablement plus précis que le mien, parce que la plupart des résultats se fondent sur le sondage. En réunissant l'ensemble de ces éléments numériques, il faut, pour en déduire des lois générales de décroissement de chaleur, distinguer les plateaux des pentes rapides des montagnes, et avoir égard à la configuration du sol. M. Boussingault et moi, nous n'avons pas observé dans les stations isolées, comme le seraient des ballons fixés dans l'océan aérien. Nos stations étaient situées sur la pente des Cordillères, sur cette partie de la masse solide du globe, qui, en forme de mur ou d'arête, s'élève dans les hautes régions de l'atmosphère. Or, ces montagnes ont à chaque hauteur, outre le climat général, des climats particuliers modifiés par le rayonnement des plateaux, l'escarpement du terrain, la nudité du sol, l'humidité des forêts, les courants qui descen-

météorologiques les plus récentes faites à Mexico (Burkart, *Aufanthalt und Reisen in Mexico*, t. I, p. 252) ont à peu près confirmé la température moyenne à laquelle je m'étais arrêté en 1804. Elles offrent 16°,7 au lieu de 17°,9.

dent des cimes voisines; mais l'air qui repose sur les plateaux des Andes se mêle à la grande masse de l'atmosphère libre, dans laquelle règne, sous la zone torride, une stabilité de température surprenante. Quelque énorme que soit le massif des Cordillères, il ne peut agir que faiblement sur des couches d'air qui se renouvellent sans cesse. D'un autre côté, si les plateaux s'échauffent pendant le jour, ils rayonnent d'autant plus pendant la nuit; car c'est justement au-dessus de ces plaines que le ciel est le plus pur et le plus constamment serein. Au Pérou, par exemple, le magnifique plateau de Caxamarca, dans lequel le froment donne le dix-huitième, l'orge le soixantième grain, a plus de douze lieues carrées; il est, d'après mes mesures, élevé de 1466 t. au-dessus du niveau de la Mer du Sud, uni comme le fond d'un lac, et abrité par un mur circulaire de montagnes dépourvues de neiges. La température moyenne est de 16°; cependant le froment y gèle souvent de nuit, et dans une saison où le thermomètre descendait, avant le lever du soleil, à 8°, je l'ai vu monter de jour, à l'ombre, à 25°. En comparant les villes situées sur des

plateaux à celles qui sont placées sur l'escarpement des montagnes, je trouve, pour les premières, une augmentation de température qui, à cause du rayonnement nocturne, n'excède pas 1°,5 à 2°,3. Cette augmentation est un peu plus grande dans les basses régions des Andes, dans ces larges vallées dont le fond uni atteint de 200 à 250 toises d'élévation absolue, principalement dans la vallée entre Honda et Neiva. On est frappé de trouver, au milieu des montagnes, des chaleurs qui égalent presque celles des plaines. Le décroissement de chaleur depuis le plateau de Neiva jusqu'au littoral est cependant beaucoup moins lent que du littoral à Honda [1]. M. Boussingault a fait l'observation curieuse que les habitations qu'on rencontre sur les bords des plateaux ont un climat plus frais que les villages de l'intérieur. Facatativa, par exemple, situé à l'extrémité occidentale de la vaste esplanade de Santa-Fé de Bogota, a une température moyenne de 13°,1, tandis que Santa-Fé, à la même

[1] D'après M. Boussingault, Honda, quoique pour le moins à 106 toises de hauteur absolue, a encore la température moyenne (27°,7) du littoral sous les tropiques : Neiva, à 266 toises de hauteur, a 25°,0.

hauteur, mais placé à 21 milles dans l'intérieur, a déjà 14°,5. On conçoit que le maximum de l'effet calorifiant du plateau doit être vers son centre.

L'ensemble des observations recueillies dans la partie alpine de l'Amérique du sud, prouve, comme la théorie seule paraît déjà l'indiquer, que, dans l'état moyen de l'atmosphère, la chaleur ne décroît pas uniformément dans une progression arithmétique. Dans les Cordillères, et ce fait est extrêmement curieux, on voit le décroissement se ralentir entre 1000 et 3000 mètres, surtout entre 1000 et 2500 mètres de hauteur, et puis s'accélérer de nouveau de 3000 à 4000 mètres. Les couches où le décroissement atteint son maximum et son minimum, offrent des rapports comme 1 à 2. Depuis la hauteur de Caracas à celle de Popayan et de Loxa, 1000 mètres produisent une différence de 3°,5; depuis Quito jusqu'à la hauteur de Paramos, les mêmes 1000 mètres font changer la température moyenne de plus de 7°. Ces phénomènes tiennent-ils uniquement à la configuration des Andes, ou sont-ils l'effet de l'accumulation des nuages dans l'Océan aérien? En se rappelant que les Andes

forment un énorme massif de 3600 mètres de hauteur, sur lequel s'élèvent des pics ou des dômes isolés et couverts de neiges éternelles, on conçoit comment, depuis le point où la masse de la chaîne diminue si brusquement, la chaleur décroît aussi avec rapidité. Il n'est pas facile d'expliquer par une cause analogue, pourquoi le refroidissement progressif se ralentit entre 1000 et 2000 mètres. Les grands plateaux des Cordillères ne commencent qu'à 2600 ou 2900 mètres de hauteur, et je pense que la lenteur avec laquelle décroît la chaleur dans la couche d'air, entre 1000 et 2000 mètres, est le triple effet de l'extinction de la lumière ou de l'absorption des rayons dans les nuages, de la formation de la pluie, et de l'obstacle que les nuages opposent au libre passage du calorique rayonnant. La couche d'air dont nous parlons, est la région dans laquelle sont suspendus les gros nuages, ceux que les habitants des plaines voient au-dessus de leur tête. Le décroissement de la chaleur, très-rapide depuis ces plaines jusqu'à la région des nuages, se ralentit dans cette dernière région; et si ce ralentissement se manifeste beaucoup moins dans la zone tempérée, c'est

sans doute parce qu'à égale hauteur, l'effet du rayonnement y est moins sensible qu'au-dessus des plaines brûlantes de la zone équinoxiale. D'ailleurs, dans les deux zones, le refroidissement paraît suivre la même loi dans des couches d'air d'égale température; c'est la force du rayonnement qui varie avec la température des couches rayonnantes.

Les résultats que nous venons de discuter méritent la préférence sur ceux que l'on déduit d'observations faites pendant des *excursions isolées à la cime de quelques hautes montagnes*. Les premiers donnent pour la zone équinoxiale (de 0 à 4900 mètres), un degré de refroidissement par 187 mètres ou 96 toises [1];

[1] C'est le résultat moyen ou la mesure de la distribution de la chaleur dans toute la colonne d'air. Les résultats partiels sont pour le dos des Andes 1° de refroidissement correspondant à 170 mètres ou 87,4 t. entre 0 — 1000 mètres de hauteur; à 294 mètres ou 150,8 toises, entre 1000 et 2000 mètres; à 232 mètres ou 119 toises, entre 2000 et 3000 mètres; à 131 mètres ou 67 toises, entre 3000 — 4000 mètres de hauteur; à 180 mètres ou 92,4 toises, entre 4000 — 5000 mètres. On reconnaît dans ces nombres, comme dans le tableau donné ci-dessus, l'influence de la région des nuages

pour la zone tempérée (de 0 à 2900 mètres), un degré par 156-170 mètres ou 80-87 toises; les derniers donnent pour la zone équinoxiale, un degré par 190 mètres ou 97,5 toises; pour les parallèles de 45° à 50°, un degré de refroidissement par 146 mètres ou 75 toises. Cette

sur le décroissement du calorique. Comme le nombre des résultats de température annuelle publiés par M. Boussingault est quatre fois plus grand que le mien, les observations de cet excellent physicien, divisées par tranches de 500 à 500 toises par M. Bischof (*Repert. der Physik*, t. III, p. 336) ont donné un décroissement plus régulier et plus uniforme (93, 89, 88 et 90 t.). Il y a cependant aussi une petite accélération dans le décroissement de la température au-dessus de la région des gros nuages. L'ensemble des observations de M. Boussingault donne 90,3 toises, lorsque j'avais trouvé 96 toises. Pour prouver l'utilité de ces rapports numériques, je donnerai ici le calcul approximatif de la hauteur du plateau tubétain, déduit de la température moyenne du seul mois d'octobre, qui est, d'après M. Turner, de 5°,7. Comme, par la latitude de Tissoolumbo (lat. 29°), la température moyenne des plaines est de 21°, et qu'au Mont Saint-Gothard, la température moyenne du mois d'octobre est même un peu au-dessus de celle de l'année entière, il est probable que le plateau du grand Thibet excède 2900 à 3000 mètres.

harmonie entre les excursions fortuites et les observations sédentaires et de longue durée sur la pente des montagnes et dans des plateaux, est assez grande : elle est d'autant plus remarquable, qu'en comparant aux observations stationnaires les observations isolées, on confond l'état moyen de l'atmosphère pendant le courant d'une année, avec le décroissement qui correspond à telle ou telle saison, ou à telle ou telle heure du jour.

Le relief ou la forme polyédrique de la surface du globe (en ne considérant ici que les rapports de configuration, non ceux de couleur, de nudité, de végétation, etc.) agit sur le climat par l'élévation plus ou moins grande au-dessus d'un plan normal (le niveau de l'Océan), par l'inclinaison des pentes et leurs différentes expositions aux rayons solaires, par l'ombre qu'elles se portent les unes aux autres en différentes heures du jour et en différentes saisons de l'année, par l'inégalité du rayonnement nocturne, selon les expositions plus ou moins libres du sol à la voûte aérienne d'un ciel dépourvu de brume et de nuages. Les montagnes, par l'action du soleil qu'éprouvent des masses opaques d'une vaste sur-

face en s'élançant dans l'atmosphère, échauffent les couches d'air qui les avoisinent; on observe qu'elles y causent des courants souvent interrompus par les effets frigorifiques des grandes ombres des nuages. Les plateaux agissent par l'égalité de leur surface, par leur étendue et leur juxta-position en gradins.

Comme l'état *thermique* d'un lieu, la quantité de chaleur qu'il reçoit, dépend à la fois des trois coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur, on a depuis longtemps agité la question de savoir à quelle hauteur il faut s'élever au-dessus du plan normal du niveau de l'Océan, pour trouver la même température qu'on observe en avançant un degré vers le nord. La loi du décroissement de chaleur dans le sens vertical devait être comparée au décroissement dans le sens horizontal sous un même méridien. La loi que l'on cherche n'a pas seulement une grande importance pour pouvoir profiter d'observations faites dans des stations de différentes élévations, et les *réduire au niveau des mers*, on voudrait aussi assimiler les *lignes de culture* dans leurs *limites extrêmes* sur la pente des montagnes, et dans leurs changements de latitude géographique. M. de Can-

dolle, auquel la géographie des plantes doit tant d'observations précieuses, et dont la perte récente a été si généralement regrettée, avait vu cultiver la vigne dans la France méridionale, à 800 mètres (410 toises) de hauteur absolue; et comme, dans cette même région, la culture de la vigne avançait à peine 4° de latitude vers le nord, on a supposé beaucoup trop généralement que 1° de latitude répondait, sous le rapport de température, à 200 mètres (102 toises).

Des questions de cette nature ont le défaut d'être trop complexes et par conséquent mal posées. Depuis que l'on connaît numériquement les véritables rapports de la distribution de la chaleur à la surface du globe, les inflexions des lignes isothermes et isothères et leur espacement inégal dans les différents *systèmes de climats* américain, européen et asiatique, on ne peut plus agiter la question de savoir à quelle fraction de degré de chaleur moyenne *annuelle* ou *estivale* correspond un changement de 1° de latitude géographique, le changement fût-il même sur un même méridien. En restant dans le même système d'inflexion des bandes isothermes de l'Europe, on trouve, d'après

les données les plus précises et les plus récentes, qu'un degré de latitude géographique correspond en différence de *température moyenne de l'année :*

de Berlin à Rome.	0°,59
— à Palerme.	0°,56
de Copenhague à Rome. ...	0°,52
de Paris à Rome.....	0°,66
— à Marseille.	0°,59
— à Palerme.....	0°,60
du Cap Nord à Paris.....	0°,48
— à Berlin.....	0°,53
— à Palerme. ...	0°,52

Les différences varient moins qu'on aurait pu le supposer, les variations qu'offrent les deux températures moyennes que l'on compare atteignant, par une compensation fortuite, la précision d'un demi-degré. Entre les parallèles de 38° et 71°, le décroissement de la chaleur annuelle paraît être, en Europe, très-près d'un demi-degré correspondant à 1° de latitude géographique. Or, dans ce même centre de l'Europe, le décroissement de la chaleur dans le sens vertical est à peu près de 80 à 87 toises par degré centésimal; il en résulte qu'un degré de latitude correspond à 40

ou 44 toises (78-86 mètres), ce qui est presque trois fois moins que la culture de la vigne, qui ne dépend pas autant de la température de l'année entière que de celle de l'été et du commencement de l'automne, paraissait l'indiquer, selon l'exemple cité plus haut. En supposant un décroissement de 42 toises par degré de latitude, le couvent du Saint-Bernard (haut. 1278 t. et lat. 45° 50′) assignerait sa température moyenne de l'année — 1°,0 au parallèle 75°50′. On trouverait, par le couvent du Saint-Gothard (haut. 1073 t. et lat. 46° 33′), une température annuelle de — 0°,8 pour le parallèle de 69° 30′; par la Schneekoppe, montagne de Silésie (haut. 821 t. et lat. 50° 44′), la température annuelle de + 0°,2 pour le parallèle de 70° 14′. La moyenne de ces trois montagnes, de hauteur si différente, ferait donc passer, dans le méridien central de l'Europe, la ligne isotherme zéro par 70° $\frac{1}{5}$ de latitude, ce qui est assez exact. Dans chaque *système d'égale inflexion des lignes isothermes*, il y a connexion intime de trois éléments numériques : du décroissement de la chaleur dans le sens vertical, de la variation de température correspondant à un degré de

latitude, et de la parité de température moyenne d'une station alpine et de la distance polaire d'un point situé au niveau des mers. Dans l'Europe orientale, de Pétersbourg à Odessa, à Nicolaïeff et à Sympheropol (diff. de latitude de 13° et 15°), le décroissement est très-régulièrement de 0°,40 par degré de latitude; dans le *système américain oriental*, au contraire, le décroissement est de 0°,88 de Nain à Boston, et de 0°,95 de Boston à Charleston. Vers le tropique du Cancer, de Charleston à la Havane, il y a un ralentissement sensible (0°,66 de temp. par degré de latitude), et ce ralentissement augmente à tel point dans la zone torride même, que, de la Havane à Cumana, il n'est que de 0°,20.

La température variant très-peu pendant l'année entière sous la zone torride, on peut se former une idée assez précise des *climats des Andes*, en les comparant à la température de certains mois dans les basses régions de la France et de l'Italie. Si l'on trouve, dans les plaines de l'Orénoque, journellement 4° de plus que dans le mois d'août, à Palerme, on rencontre, en gravissant les Cordillères à Popayan (911 toises), les trois mois d'été de Mar-

seille ; à Quito (1492 toises), la fin du mois de mai de Paris ; dans les *Paramos* (1800 toises), le commencement d'avril de Paris [1].

Lors même que les hommes, en gravissant les montagnes, n'eussent pas éprouvé le décroissement du calorique, les neiges dont se couvrent ces mêmes montagnes, lorsqu'il ne tombe que de la pluie dans les plaines, leur auraient révélé le froid des hautes régions de l'air, comme la hauteur décroissante de la limite inférieure des neiges perpétuelles leur aurait pu apprendre que les *surfaces isothermes*, voisines de celle de zéro, s'abaissent, en général, à mesure qu'on approche du cercle polaire. Ce sont moins les erreurs d'observations du P. Feuillée, faites à la cime du Pic de Ténériffe, que des rêveries physico-mathématiques qui ont pu conduire un des plus grands géomètres du siècle dernier, Daniel

[1] J'ai donné dans un autre ouvrage, en me fondant sur les déterminations d'un botaniste célèbre, M. Kunth, les *Flores* des *Andes* superposées par gradins. Comparez *Flora provinciarum Venezuelæ*, *Orinoci et Fluminis Nigri*, avec la *Flora Quitensis*. (Kunth, *Synopsis Plantarum Orbis Novi*, t. IV, p. 271-462.) Ces *Flores* offrent le reflet du climat sur le développement organique des formes rangées par familles naturelles.

Bernoulli, à attribuer, dans son *Traité d'Hydrodynamique* (éd. 1738, p. 218), le froid des hautes montagnes à quelque influence secrète du sol, et à prononcer : *non absurdum esse, si dicamus calorem aëris medium, ea majorem esse, quo magis a superficie maris distat!* En examinant le phénomène des neiges perpétuelles dans une plus grande généralité que ne l'avaient pu faire Bouguer, Saussure et Ramond, on découvre que la limite inférieure des neiges n'est pas la trace d'une même ligne isotherme, d'une de ces lignes qui, dans les couches superposées de l'Océan aérien, s'inclinent toutes de l'équateur vers les deux pôles. La limite inférieure des neiges est tantôt supérieure, tantôt inférieure à la couche de l'atmosphère, dont la température moyenne est zéro, de sorte qu'elle oscille de l'équateur (dans le plateau de Quito) au cercle polaire [1] de + 1°,5 à — 6°,8. On doit dire,

[1] Voyez mon Mémoire sur la limite des neiges perpétuelles dans les montagnes de l'Himalaya et les régions équatoriales (*Annales de Chimie*, 1820, t. XIV, p. 1-55). Pour représenter graphiquement la couche de l'atmosphère où la température moyenne est zéro, il suffit d'élever sur un méridien quelconque des

en général, que la zone des neiges se trouve placée partout à la hauteur des couches aériennes dans lesquelles il tombe de la neige. Or, il est connu que, le plus communément, ce phénomène s'observe à la surface du sol, lorsque l'air n'y est que de quelques degrés au-dessus ou au-dessous du point de la congélation. Le premier cas est même le plus fréquent. Il neige très-peu ou même pas du tout lorsque la température de l'air s'abaisse au-

ordonnées dont les différentes longueurs correspondent à la hauteur de cette couche. La surface qui passe par les sommets de ces ordonnées est la *surface isotherme de* 0°, et c'est aussi l'intersection de cette surface avec le globe qui marque la trace de la ligne isotherme de 0° dans les plaines. Le *courbe des neiges* n'indique ni le terme de la congélation comme on l'admettait vaguement jadis, et comme on le répète souvent encore, ni une couche d'air d'égale température. La température moyenne de l'air me paraît se trouver à la limite des neiges perpétuelles : au Chimborazo (lat. 1° 38′ S.) + 1°, 4 (peut-être même + 1°,7); à la Sierra Nevada de Grenade (lat. 37° 10′) — 0°,4 ; au Saint-Gothard (lat. 46° 36′ N.) — 3°,7 ; dans les Alpes, au sud de Genève (lat. 45° 55′) — 4° ½ ; en Norwège, sous le cercle polaire, — 6°, 8. (Voyez *L. c.* p. 19, et mon *Recueil d'Observations astronomiques*, t. I, p. 136.)

dessous de — 20°. Tel est l'accroissement du degré de sécheresse dans l'intervalle de + 2° à — 20°, que les tensions *maxima* de la vapeur, correspondant à ces températures, sont dans le rapport de 5°,7 à 1°,3.

Il ne me paraît pas sans intérêt de rappeler[1] ici comment les idées sur la hauteur des neiges, à différentes distances du pôle, se sont développées peu à peu. Les effets du décroissement de la température et les modifications qu'en éprouvent la forme et la distribution des végétaux dans une échelle perpendiculaire, durent frapper les hommes les moins habitués à réfléchir sur les phénomènes naturels, dès qu'ils entrèrent dans une zone tropicale ou voisine du tropique, là où, de la *région des palmiers et des bananiers*, on peut s'élever, dans un même jour, jusqu'à la région des glaces éternelles. L'influence des plateaux (ὀροπέδια) sur les climats et les productions organiques n'avait pas entièrement échappé à la sagacité des Grecs[2], soit dans leurs discus-

[1] Voyez mon *Examen critique de l'histoire de la géographie*, p. 284 (édit. in-fol.).

[2] Comparez plus haut, t. I, p. 58, note 1. Strabon

sions très-systématiques sur la hauteur probable des terres placées sous l'équateur [1], soit dans leur comparaison directe des productions et de la température des hautes et des basses régions de l'Asie mineure. Hérodote, en discutant les différentes hypothèses de la crue du Nil, niait encore (II, 22) l'existence possible de montagnes neigeuses au-delà du tropique du Cancer : ces doutes furent en partie levés par les compagnons d'Alexandre, lorsque l'armée victorieuse passa au nord-ouest de la Pentapotamie, dans le pays des Paropamisades de l'Hindou-Kho, où pendant l'été il

énonce des idées très-précises sur le décroissement de la température à mesure que le sol s'élève. Dans les pays méridionaux, dit-il « *toutes* les parties élevées, *fussent-elles des plaines* (des plateaux, *table-lands*), sont froides. » (Lib. I, p. 73 Cas.) La différence du climat du Pont et de la Cappadoce, plus méridionale et plus froide, ne lui paraît que l'effet de la hauteur du sol.

[1] Eratosthène et Polybe n'attribuaient pas uniquement la plus grande fraîcheur du climat sous l'équateur même, au passage plus rapide du soleil par l'équateur (Geminus, *Elem. astron.* c. 13), mais aussi et surtout à la grande hauteur du sol dans la région équatoriale. (Strabon, lib. II, p. 97 Cas.) Cette opinion ne se fondait cependant sur aucune observation directe.

tombait de la neige sur des plateaux habités. (Aristobule, dans Strabon, XV, p. 691.) Cette rangée de montagnes, qui est une continuation du Kouen-lun et non de l'Himalaya, se trouve située dans une zone dont les plaines offrent un climat très ardent; mais loin d'appartenir à la région équinoxiale même, elle est traversée par les parallèles de 34° à 36°. Je ne connais d'indication de véritables *Nevados* (ὄρη ἀγάνιφα) analogues par leur position en latitude aux montagnes couvertes de neiges perpétuelles de Quito et de Popayan, que dans ces *neiges d'Abyssinie* « dans lesquelles on s'enfonce jusqu'aux genoux, » et dont une des célèbres inscriptions [1] d'Adule fait mention.

Les plateaux du Taurus, de la Perse et du Paropamisus, accessibles à l'observation des Grecs, n'offraient certainement pas, sous la zone tempérée, ces contrastes pittoresques et merveilleux à la fois qui, réunis dans un petit espace de terrain, se développent sur une échelle gigantesque sous la zone équato-

[1] Inscription postérieure à Juba et à Auguste. (Niebuhr, *Kleine Schriften*, p. 402.)

riale du Nouveau-Continent. Aussi le Bolor et les immenses plateaux de l'Asie centrale parcourus dans le moyen-âge par Marco Polo et par des moines plus diplomates que missionnaires, étaient situés hors des tropiques. Les hauteurs qu'à égale latitude avec les plateaux d'Anahuac ou du Couzco présentent le Congo, l'Inde et la Chine, ont été plus connus des Arabes et des prêtres bouddhistes voyageurs que des Européens du quinzième siècle. Tant il est vrai que de grandes vues sur les rapports entre la configuration de la surface du globe et les modifications de la température et de la vie organique n'ont pris naissance et n'ont conduit à des résultats généraux que depuis la découverte de l'Amérique, région où l'homme trouve inscrites pour ainsi dire sur chaque rocher de la pente rapide des Cordillères, dans la série de climats superposés par étages, les lois du décroissement du calorique et de la distribution géographique des formes végétales. Colomb a servi le genre humain, en lui offrant simultanément à la réflexion une immense variété d'objets nouveaux. Il a agrandi la masse des idées et avancé par-là le progrès de la pensée

humaine dans toutes les régions de la philosophie naturelle.

Le grand navigateur génois n'a pas vu lui-même les *Nevados* de la zone équinoxiale. Sur les côtes de la Mer des Antilles, il n'y en a que deux de visibles, le Pic d'Orizaba dans le Golfe du Mexique et la Sierra de Santa-Marta de l'Amérique du Sud. Or, Colomb, dans son quatrième voyage, n'a longé le littoral que depuis Honduras jusqu'au Puerto de Mosquitos à l'extrémité occidentale de l'Isthme de Panama. Mais six ans avant la mort de l'amiral, Alonso de Hojeda, accompagné d'Amérigo Vespucci, ont déjà dû voir, en mai 1500, les montagnes neigeuses de Santa-Marta, appelées alors *Tierras nevadas de Citarma*, puisque, selon Oviedo (lib. II, cap. 8), ils étaient arrivés jusqu'à la province de Cinta, 8 lieues à l'est de la Sierra de Santa-Marta [1]. Bastidas et Juan de La Cosa, en 1501, examinèrent le groupe colossal de cette Sierra de plus près [2]. Ce n'est cependant que depuis l'expédition faite par Roderigo Enrique Colmenares de Saint-

[1] *Examen critique*, p. 434.

[2] *Rel. hist.* t. III, p. 559.

Domingue à la Terre-Ferme, au mois d'octobre 1510, que le savant Anghiera reconnut le premier l'élévation progressive de la limite des neiges perpétuelles à mesure que l'on avance vers l'équateur. « La rivière de Gaira, dit Anghiera, descend d'une montagne neigeuse plus haute, selon les compagnons de Colmenares, que toutes celles qui ont été découvertes jusqu'ici. Elle doit l'être sans doute, *si elle conserve la neige* sous une zone qui est éloignée de la ligne équinoxiale au plus de dix degrés[1]. »

Nous avons rappelé plus haut combien étaient erronés les premiers aperçus de la

[1] Voici le passage très-remarquable que j'ai trouvé dans les Océaniques de Pierre Martyr d'Anghiera : « Aqua potabili deficiente, naves applicat Colmenares ad fluminis ostium suscipiendis navibus aptum, incolarum appellatione Gaira. Defluebat autem Gaira ex alto nivali monte, quo altiorem nemo ex ducis Roderici comitibus aiebat se vidisse unquam. *Neque aliter putandum est, si nivibus albescebat in ea regione quæ intra decimum gradum distat ab æquinoxali linea.* (*De rebus Oceanicis*, Dec. II, lib. 2, p. 140, ed. Col. 1574.) Un des sommets de la Sierra Nevada de Santa Marta porte encore, dans les cartes du dépôt hydrographique de Madrid, le nom de *Pic de Gaira*.

coïncidence de la limite inférieure des neiges perpétuelles avec la ligne isotherme zéro, idées qui s'étaient présentées à l'esprit d'un physicien[1] justement célèbre d'ailleurs par sa sagacité et par l'admirable clarté de ses conceptions. En approfondissant davantage le phénomène du décroissement de la chaleur, on reconnaît que la limite inférieure des neiges n'est pas *fonction* seule d'une certaine température *moyenne* des hautes couches de l'atmosphère. Même dans la zone intertropicale, de petites oscillations de la chaleur, produites par le changement de la déclinaison du soleil et les passages de cet astre par le zénith, font osciller, quoique d'une très-petite quantité, la limite inférieure des neiges; ces oscillations deviennent extrêmement considérables là où, dans la zone tempérée, les couches qui ont — 0°,4 ou — 7° de température, se trouvent à des élévations très-différentes en hiver et en été. Supposons maintenant, en traversant les couches d'air de bas en haut, qu'une d'elles dont la température moyenne x, corres-

[1] Bouguer, *Figure de la terre*, p. L. et XLVI.

ponde pendant l'année entière à la hauteur y, soit la couche la plus chaude dans laquelle il puisse se former des flocons de neige. Dans cette supposition, la température x se trouvera en hiver beaucoup au-dessous de y : c'est donc jusqu'à une limite hivernale $y - n$ que les neiges s'accumuleront de préférence, tandis que toutes les causes calorifiques qui agissent en été, tendront à faire remonter la limite et à la repousser au-delà de y. Ce que l'on entend généralement par l'expression de *limite inférieure des neiges perpétuelles*, *appartenant à telle ou telle latitude*, est la *limite estivale*, le maximum de hauteur à laquelle remonte la ligne des neiges dans l'année entière. La hauteur de la limite estivale est le résultat d'une lutte de l'été contre le bord inférieur ou la lisière des neiges de l'hiver, lutte qui se renouvelle tous les ans avec un succès à peu près semblable. La quantité de toises dont l'action des causes estivales fait reculer les neiges, ne dépend ni de la température moyenne de l'été seul, ni de celle du mois le plus chaud : elle est déterminée par un grand nombre d'autres circonstances, parmi lesquelles l'épaisseur

et la consistance des neiges (la quantité et la cohérence de celles qui sont tombées pendant l'hiver), la forme, la nudité et la proximité des plateaux voisins, leur température normale dans l'année entière, l'escarpement des sommets, la direction et l'obliquité des vents, la position plus ou moins continentale du lieu, la masse des neiges voisines, enfin l'état brumeux ou la sérénité du ciel, modifiant l'action des rayons solaires et du rayonnement du sol, sont les plus importants[1].

L'appréciation de tant de causes *superposées*, dont dépend un phénomène si complexe, aurait dû faire entrevoir depuis longtemps que la limite des neiges pouvait très-bien ne pas être *la plus élevée* sous l'équateur même. En effet, jusqu'au commencement du 19e siècle, cette hauteur n'avait été déterminée sur aucun point du globe, entre les 2° et 37° de latitude. Pendant mon séjour au Mexique, en 1803, je la trouvai à 19° de distance de l'équateur, dans l'hémisphère

[1] Voyez mon Mémoire sur la limite inférieure des neiges perpétuelles dans les *Ann. de Chimie*, t. XIV, p. 51.

boréal, à peine encore de 110 toises plus basse que dans la partie des Andes de Quito, traversée par l'équateur. Dans cette région des Cordillères, l'oscillation[1] annuelle de la limite des neiges m'a paru être de 2445 à 2460 t.; sur le plateau du Mexique, elle s'étend de 1950 à 2350 t. Il faut distinguer entre les trois phénomènes du *maximum* de la hauteur absolue de neiges, de l'oscillation de leur limite et de leurs chutes sporadiques. Sous l'équateur, je n'ai pas vu tomber la neige au-dessous[2] de 1860 t. Au Mexique, par les 19° de latitude, on la voit souvent au-dessous de 1500 t.; par de rares exceptions, même à 1200 et 1000 t. J'avais été également frappé « de l'extrême lenteur[3] avec laquelle (d'après les mesures faites par MM. Espinosa et Bauza lors du passage des Cordillères du Chili, entre Mendoza et Valparaiso, sous les 33° de latitude) les neiges paraissent descendre dans l'hémisphère austral; » mais, comme il arrive presque toujours dans les recherches de Géographie

[1] *L. c.* p. 25, 34, 45.
[2] *L. c.* p. 36, 46.
[3] *L. c.* p. 56.

physique, ce n'est que la connaissance de quelques exceptions d'une loi que jusqu'alors on avait cru générale, ce n'est que la détermination de la limite inférieure des neiges à la pente boréale de l'Himalaya (2605 toises?), par M. Webb en 1816, et dans le Haut-Pérou (2670 t.), par M. Pentland en 1826, qui ont fait entrevoir l'ensemble des causes variables dont dépend un phénomène d'une nature si complexe. Ces champs cultivés en céréales, à plus de 2300 t. de hauteur sous la zone tempérée, par 31° de latitude, « sur le plateau de la Tartarie, » ces différences énormes, indiquées par M. Webb, entre les limites des neiges sur les pentes septentrionale et méridionale de l'Himalaya, se présentaient au premier abord comme des phénomènes tellement surprenants, que plusieurs physiciens anglais très-distingués étaient enclins à révoquer en doute la précision des mesures de leurs compatriotes. Dès que j'ai eu connaissance des résultats obtenus dans l'Inde, je me suis efforcé de démontrer[1] qu'ils ne pouvaient avoir été al-

[1] *L. c.* t. III, p. 303, t. XIV, p. 6, 22, 50. Consultez

térés que très-peu par le jeu des réfractions terrestres, et que la prodigieuse élévation des neiges sur la pente tubétaine de l'Himalaya, entre les rivières Gundhuk et Sutledge, s'expliquait d'une manière assez satisfaisante par le rayonnement du plateau voisin, par la sérénité du ciel et la rareté des neiges qui tombent dans un air très-froid et d'une extrême sécheresse.

Les premiers relèvements du colonel Crawford, du lieutenant Webb et de l'ingénieur en chef Colebrooke, frère du célèbre orientaliste de ce nom, auraient déjà dû rendre très-probable le fait que plusieurs pics de l'Himalaya sont de beaucoup plus élevés que les cimes neigeuses de Quito. Cependant encore cinq ans après mon retour de l'équateur, dans le onzième volume de la collection précieuse connue sous le nom de *Recherches asiatiques*, on croyait devoir s'arrêter à la simple con-

aussi la comparaison de la ligne de faîte des Andes et de l'Himalaya, dans un Mémoire que j'ai publié en 1825 (*Annales des Sciences naturelles*, par Adolphe Brongniart et Audoin, 1825, mars).

clusion « que quelques sommets de l'Himalaya *égalaient* pour le moins la hauteur du Chimborazo. » On manquait à cette époque d'une mesure barométrique précise propre à déterminer l'élévation du *plateau* dans lequel la base et les angles avaient été mesurés lors des opérations trigonométriques faites dans la région septentrionale de l'Inde. Ce défaut était d'autant plus sensible que toute mesure géométrique d'une montagne de l'intérieur, non visible sur les côtes, est, par sa nature même, géométrique et barométrique à la fois, un nivellement par angles de dépression ne pouvant que très-rarement être tenté sur une très-vaste échelle. Dans cette position des choses on craignait l'influence variable des réfractions terrestres sur des angles de hauteur de 2° à 3°. Ces doutes furent singulièrement exagérés en Europe par des personnes qui n'étaient aucunement versées dans la théorie des mesures géodésiques. J'ai examiné dans deux *mémoires sur les montagnes de l'Inde*, les limites des erreurs qui peuvent avoir affecté les premières mesures de M. Webb, et j'ai démontré *que pour croire les maxima de la ligne*

de faîte de l'Himalaya inférieurs aux points culminants de la Cordillère de Quito, le coefficient de la réfraction aurait dû être de $\frac{3}{10}$, presque $\frac{1}{3}$, au lieu de $\frac{1}{12}$ et de $\frac{1}{18}$, qui résultent par des latitudes si méridionales et pour des stations si élevées, des belles opérations du colonel Lambton. Depuis l'année 1815 dans laquelle la province de Nepaul a été ajoutée à l'empire britannique de l'Inde, le capitaine Hodgson et le lieutenant Herbert ont fait une triangulation qui embrasse toute l'extrémité occidentale de l'Himalaya : les coefficients de réfraction ont été déterminés par des observations réciproques; les angles de hauteur des cimes neigeuses ont été mesurés à différentes heures du jour, et l'élévation des bases au-dessus du niveau de la mer a été déterminée en employant simultanément plusieurs baromètres comparés entre eux. Les observations barométriques correspondantes furent faites aux mêmes heures [1] à Calcutta (lat. 22° 34) et à Saha-

[1] La distance est considérable à cause de la grande différence en longitude : elle est de 240 lieues nautiques dans la direction N.-O. S. E. La partie mesurée baro-

ranpur (lat. 29° 58′). Il ne reste donc pas de doutes sur la précision des mesures des montagnes de l'Himalaya; les doutes, comme nous l'indiquerons bientôt, ne peuvent s'étendre que sur la hauteur absolue de la limite des neiges, sur la question de savoir si les neiges dont on a déterminé l'élévation, sur les deux pentes opposées de la chaîne étaient des neiges sporadiques, ou si elles marquaient véritablement le *maximum* de hauteur à laquelle se soutient la limite des neiges de l'année entière.

Je vais réunir dans ce mémoire tout ce que nous savons ajourd'hui sur un problème beaucoup plus compliqué qu'on ne l'avait cru d'abord. A mesure qu'un plus grand nombre de matériaux se sont offerts à la discussion, on a reconnu que la limite des neiges per-

métriquement (différence de hauteur de Saharanpur et du littoral) affecte $\frac{1}{28}$ de l'élévation totale du Javahir : elle est (*Asiat. Res* t. XIV, p. 320) de 158 toises; mais je dois faire remarquer que 18 observations correspondantes, faites au mois d'août 1821, offrent un accord très-satisfaisant, et que dans les mesures des hautes cimes des Andes de Quito et de la Bolivie, près de la moitié de la hauteur totale n'est que le résultat d'une mesure barométrique.

pétuelles n'est pas *fonction* seule de la latitude, que ce n'est pas sous l'équateur que la limite atteint le plus d'élévation au-dessus du niveau de la mer. Il s'agit avant tout de vérifier les faits et de les grouper convenablement. La variation de la température dans les différentes saisons, la sécheresse de l'air, l'épaisseur du massif des neiges, le rapport de la limite à la hauteur totale de la cime, la proximité des cimes voisines également couvertes de neige, la rapidité des pentes, l'étendue, la position et la hauteur des plaines qui entourent les Cordillères, le rayonnement de ces plaines selon qu'elles sont boisées, couvertes de gazon ou de sables arides, la direction des vents régnants et leur contact avec la mer, voilà les causes qui agissent simultanément et dont une seule, la variation de température, dépend principalement de la latitude. Cette dernière cause est sans doute la plus énergique, comme le prouve l'abaissement général de la limite des neiges depuis la zone torride jusqu'à l'équateur. Or, comme l'abaissement graduel dépend plus encore du décroissement de la chaleur estivale que de la température

moyenne de l'année entière, et que la première partie de ce décroissement varie beaucoup plus lentement [1] avec la latitude que la seconde, on conçoit qu'en ne considérant que des petites portions de la courbe oscillatrice *moyenne* on trouve des inflexions locales. L'irrégularité se manifeste là où les variations de la température sont assez petites pour pouvoir être vaincues et masquées par l'action d'autres causes nombreuses que nous venons d'énumérer plus haut. C'est donc à tort, je crois, que dans ces derniers temps on a nommé souvent le phénomène des neiges perpétuelles un phénomène « accidentel, bizarre, inexplicable. » Le phénomène hypsométrique des neiges perpétuelles est la ma-

[1] Je rappelle qu'en comparant Stockholm à Naples, on trouve sur une distance de 18° en latitude une différence de température de l'année de 11° et une différence estivale seulement de 8°. Par une autre distance de 18° en latitude, de Naples à l'entrée de la zone torride, on aura pour l'année entière 6° d'accroissement, pour la moyenne des étés 3°. Cet accroissement si inégal des chaleurs annuelles et estivales frappe le plus, lorsqu'on compare Stockholm, Berlin, Paris, Marseille, Naples, Messine, Sainte-Croix de Ténériffe et la Havane.

nifestation de certains états de la surface du globe et d'une partie de l'atmosphère en contact avec cette surface; c'est par conséquent l'effet des causes multiples. Quand les mesures seront perfectionnées, quand les faits relatifs à la configuration du sol et à la constitution climatérique de l'air, quand sa température et son degré d'humidité seront suffisamment éclaircis, la physique parviendra à peser une à une l'influence de ces causes et le degré d'indépendance dans laquelle elles se trouvent par rapport à la latitude du lieu. Il en sera de ce phénomène comme de tant d'autres phénomènes complexes de la physique du globe, dont la loi reste d'abord cachée sous l'influence des causes perturbatrices. Comme avec la limite inférieure des neiges éternelles cessent les cultures, les pâturages, même jusqu'à un certain point les plantes cryptogames et les germes de la vie organique, la recherche qui nous occupe tient à d'autres problèmes d'un ordre supérieur. Il s'agit d'examiner par exemple s'il est vrai que sur le plateau du Tubet, entre les deux chaînes de l'Himalaya et du Kouen-lun, la configuration du sol et la constitution par-

ticulière de l'atmosphère permettent à des milliers d'habitants de se nourrir là où, par la même latitude, dans d'autres parties de la terre, les cultures et les pâturages seraient couverts de neiges perpétuelles. Une question de cette nature mérite sans doute d'être approfondie en pesant les notions un peu contradictoires qui, dans ces dernières années, nous sont venues de l'Inde même.

Zone torride depuis l'équateur jusqu'à 8°. — J'ai rappelé plus haut que les premières neiges perpétuelles que les Européens ont vues entre les tropiques sont celles du Nouveau Monde, les neiges de la *Sierra de Citarma*, nommée aujourd'hui de *Santa Marta*, par les 11° de latitude boréale, et que c'est l'expédition de Colmenares, entreprise en 1510, qui a fixé pour la première fois l'attention en Espagne sur l'excessive élévation des montagnes qui, près de l'équateur, entrent dans la région des neiges perpétuelles. C'est dans une zone plus méridionale encore, entre les 0° et 1° 28 de latitude sud que, dans les années 1736 et 1742, la première mesure directe de la limite des neiges perpétuelles

a été faite par Bouguer et La Condamine [1]. Je crois même que l'opération de ces voyageurs est antérieure à toute détermination géométrique de la limite dans les Alpes et les Pyrénées. L'inscription que les académiciens français ont fait graver sur une table de marbre et que j'ai vue intacte à Quito dans l'édifice de l'Université, porte : *Altitudo acutioris ac lapidei cacuminis nive plerumque operti* 2432 *hexap. Paris. ut et nivis infimæ permanentis in montibus nivosis* [2].

[1] C'est Bouguer qui a examiné avec sagacité les causes du froid des hautes régions de l'atmosphère (*Figure de la terre*, p. XLVI-LII) et fixé le premier l'attention des physiciens d'Europe sur ce qu'il appelle « les termes inférieurs et supérieurs de la neige. » Il a tenté de fixer « la hauteur de la surface courbe qui passe par le bas de la neige sur toutes les montagnes du globe. » Il croyait cette limite sous la zone torride de 2434 t. par les 28° ½ de plus de 1950 t., puisqu'elle n'atteint pas le sommet du Pic de Ténériffe, en France et au Chili par les 43° de latitude nord et sud de 1500 à 1600 t. Quelques mesures un peu vagues dans la chaîne des Pyrénées paraissent avoir conduit le grand physicien à ce dernier résultat.

[2] La Condamine, *Journal du Voyage à l'Equateur*, p. 163. La *plerumque* est très-exacte, j'ai vu de Chillo

Cette évaluation est de quelque centaines de pieds trop petite. Les mesures barométriques des Académiciens français avaient trois causes d'erreur : le manque de correction relative à la température du mercure et de l'air, une supposition erronée de la pression atmosphérique au niveau de l'Océan, la non approximation des variations horaires du baromètre dont l'existence était cependant déjà connue [1]. Par une heureuse compensation des erreurs, les différences entre les mesures anciennes et nouvelles sont généralement moins grandes qu'on aurait pu le craindre d'après la nature des moyens employés pour réduire le sol de Quito et la base de Yaruqui

le Volcan de Rucu Pichincha plusieurs fois entièrement dépourvu de neige. C'est pour cela que la mesure précise de ce sommet est très-importante. Don Jorge Juan donne à Pichincha, et par conséquent à la limite des neiges, 2471 toises.

[1] Voyez mon voyage au cratère de Pichincha dans Poggendorf, *Annalen der Physik*, t. XL, p. 166 et 174. Les Académiciens français évaluent aussi la hauteur de la ville de Quito de 32 toises trop petite. Ils donnent au sol de cette ville 1460 toises. J'ai trouvé 1492 toises, M. Boussingault 1496 t.

au niveau de la Mer du Sud [1]. Mes propres mesures en partie géométriques, en partie

[1] La liaison se fit par le sommet du Pic Ilinissa vu sur le plateau de Quito et sur le littoral de la Mer du Sud; dans cette dernière station l'angle de hauteur n'avait que 1° 53′ 43″. Il restait de plus des doutes sur la hauteur du sol dans l'île de l'Incas très-vaguement conclue par la vitesse du courant d'une petite rivière. Voyez les discordances de cette opération que La Condamine appelle *fastidieuse* et qui affecte à la fois les hauteurs absolues d'Ilinissa, Quito, Pichincha et Caraburu (un des termes de la base de Yaruqui), dans Bouguer, *Figure de la terre*, p, 165; dans La Condamine, *Mesure des trois premiers degrés du méridien*, p. 52, et dans Don Jorge Juan, *Observations astron.* p. 210. Ce dernier trouve le signal de Caraburu 1155, 1214, 1268 ou 1283 toises, selon les différentes méthodes de combinaisons qu'il emploie. Il a fallu entrer dans ces détails pour faire voir la dépendance relative des résultats numériques auxquels les célèbres Académiciens se sont arrêtés. En corrigeant l'erreur de la hauteur absolue de Quito (32 t.), on obtient pour la hauteur absolue de la limite des neiges, selon les observations de 1736-1742, l'élévation de 2462 toises, ce qui ne diffère que de 9 toises du chiffre auquel je crois devoir m'arrêter d'après mes propres observations; de 25 toises des observations de M. Boussingault. En réfléchissant sur un accord auquel sans doute bien des compensations accidentelles peuvent avoir contribué, il ne faut pas oublier que

faites à l'aide du baromètre [1] m'ont donné pour la limite des neiges à

Antisana.	2493 t.
au Volcan de Cotopaxi. . .	2490 —
au Chimborazo.	2471 —
à Huahua Pichincha. . . .	2460 —
au Corazon.	2458 —
au Volcan de Rucu Pichincha.	2455 —

Ces mesures hypsométriques ont été exécutées de février en juin 1802. Elles donnent, en négligeant les oscillations dépendantes des saisons, comme moyenne, 2471 toises ou 4816 mètres.

M. Boussingault, dans le Rapport intéressant qu'il a fait à l'Académie des sciences [2] sur les travaux géographiques du colonel Codazzi, a publié les résultats suivants de ses mesures barométriques de la limite inférieure des neiges dans les Andes de Quito :

à Antisana. . . .	4871 m. ou	2499 t.
au Chimborazo. . .	4868 —	2397—
au volcan de Cotopaxi.	4804 —	2464—

L'ensemble des mesures embrasse une période de 90 ans.

[1] Les mesures d'Antisana, de Cotopaxi, du Chimborazo et du Corazon étaient géométriques.

[2] *Comptes rendus des séances*, t. XII, 1841, p. 476.

La moyenne de ces dernières mesures faites en 1831, est 2487 toises (4847 mètres); comme mes anciennes mesures plus nombreuses ont donné 2471 toises (4816 mètres), l'accord est plus grand qu'on aurait pu l'espérer (différence 16 t.).

En avançant de l'équateur vers le nord, j'ai estimé au Volcan de Puracé (lat. 2° 18′), à l'est de la ville de Popayan, la limite des neiges à 2414 toises au-dessus du niveau de la mer. Je ne suis pas parvenu jusqu'à la neige même, mais seulement à 2274 toises d'élévation, un peu au-dessus de la petite bouche du Volcan [1]. Le commencement de la neige paraissait 140 toises plus haut, et cette estimation fut confirmée par une opération trigonométrique que je fis dans l'Egido de Popayan en prenant à la fois les angles de hauteur du sommet et de la limite des neiges. Le résultat (2414 t. ou 4703 m.) auquel je

[1] Voyez mon *Recueil d'observations astronomiques*, t. I, p. 304. J'ai trouvé pour la bouche même 2254 t. M. Caldas, par des mesures également barométriques, 2246 t. Ce physicien évalue la cime du Volcan (*Nevado de Purace*) à 2659 t. (5184 m.), ce qui me paraît un résultat bien grand.

m'arrêtais en novembre 1801, ne diffère[1] que de 17 toises du résultat d'une mesure barométrique (2396 toises ou 4669 mètres) que M. Boussingault a faite en avril 1831.

Dans la Cordillère centrale de la Nouvelle Grenade, par les 4° 46′ de latitude et 77° 56′ de longitude, s'élève une des plus hautes cimes de tout l'hémisphère boréal du Nouveau Monde, le Volcan de Tolima. J'ai trouvé trigonométriquement la cime de ce Volcan de 2835 toises et la limite des neiges à la fin de septembre de 2397 toises. Je dois faire observer que la mesure de la base a été très-difficile à cause de l'extrême inégalité du fond de la vallée de Caravajal, à l'ouest de la ville d'Ibagué[2]. M. Caldas[3], par des angles de hauteur d'un demi-degré, pris à une très-

[1] La petitesse de cette différence hypsométrique n'est pas accidentelle : aussi, dans la détermination de la hauteur du village indien de Purace, placé sur la pente du volcan, M. Boussingault ne diffère de moi que de 4 toises.

[2] Un premier calcul de la base mal nivelée, m'avait donné pour le sommet de Tolima (*Rel. hist.* t. III, p. 204) 2865 toises.

[3] *Semanario de Santa Fe*, t. II, p. 176.

grande distance (du plateau de Santa-Fe de Bogota), a trouvé en 1806 la cime du cône tronqué de Tolima 1524 toises, la limite des neiges 1107 toises au-dessus du plateau, ce qui donne pour les hauteurs absolues 2889 et 2472 toises. Une mesure plus ancienne [1], mais toujours faite à cette grande distance, avait donné à M. Caldas 2809 toises, ce qui diffère peu de ma mesure et de l'évaluation de M. Boussingault. Celui-ci estime le sommet en nombre ronds de 5500 mètres ou 2821 toises. Le commencement des neiges est, selon lui, d'après une mesure barométrique très-précise, à 2404 toises ou 4686 mètres de hauteur, ce qui diffère de 50 toises de ma mesure trigonométrique.

Au nord-est du volcan de Tolima, la *Sierra Nevada de Merida* (lat. 8° 5′) appartenant à cette partie de la Cordillère orientale qui se dirige du S. O. au N. E. pour se lier [2], dans la province de Barquisimeto, à

[1] *Semanario*, t. I, p. 6.

[2] Comparez ma *Relat. hist.* t. III, p. 203 et 215, et ma *Carte des nœuds de montagnes* (n° 5 de l'Atlas) avec Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, 1841,

la chaîne côtière de Venezuela, offre des sommets de 2356 toises (5479 varas castellanes [1]). L'habile observateur, le colonel Codazzi, auquel nous devons le résultat de cette mesure trigonométrique, a aussi déterminé la limite des neiges de la Sierra de Merida. Il la trouve à 2128 toises (4950 varas) d'élévation, et dans le temps des grandes chaleurs à 2335 toises (5430 varas ou 4550 mètres). Il en résulte, le dernier chiffre pouvant être considéré comme la véritable limite des neiges, que la Sierra de Merida et le Volcan de Pichincha entrent à peine dans la région des neiges éternelles. M. Boussingault a déjà fait la remarque judicieuse que dans la Sierra la neige commence à une moindre hauteur qu'on aurait pu le supposer d'après la latitude de 8° 5′. La distance au bord méridional du golfe de Maracaybo n'est que de 20 lieues marines. Il est à regretter que

p. 12 et 495, et *Atlas fisico y politico de la Republica de Venezuela*, n°s 13 et 14.

[1] Ce chiffre indique des *varas*, non des mètres, comme par erreur on a imprimé dans les *Comptes rendus*, t. XII, p. 474. Voyez Codazzi, *Resumen*, p. 16, 42, 492, 497 et 506.

nous n'ayons encore aucune mesure du commencement des neiges dans le groupe isolé de la *Sierra Nevada de Santa Marta,* groupe colossal placé entre les 10° 51′ et 11° 6′ de latitude et dont quelques cimes que j'ai vues de Turbaco près de Carthagène des Indes, paraissent[1] excéder 3000 toises d'élévation.

Récapitulation. (*Zone torride de* 1° ½ *Sud à* 8° *Nord.*)

Lat. 0° à 1° ½ S. Nevados de Quito, moyenne.	2462 t.	ou 4798 m.	Bouguer.
	2471	4816	Humboldt.
	2487	4847	Boussingault.
Lat. 2° 18 N. Volcan de Puracé.	2414	4703	Humboldt.
	2396	4669	Boussingault.
Lat. 4° 46′ N. Volcan de Tolima.	2397 t.	ou 4670 m.	Humboldt.
	2404	4686	Boussingault.
Lat. 8° 5′ N. Sierra Nevada de Merida.	2335	4550	Codazzi.

La limite des neiges est une ligne de niveau infiniment plus régulière et plus tranchée sous la zone torride que dans la zone tempérée. Elle fait connaître là où aucune mesure directe n'a encore été tentée, laquelle de deux cimes voisines est la plus élevée. Les

[1] Voyez sur les fondements de cette évaluation, Pombo, *Noticias varias sobre las Quinas*, 1814, p. 67 et 139; de même, ma *Relat. hist.* t. III, p. 214.

indigènes de Quito savaient avant l'arrivée des Académiciens français que le Chimborazo était, depuis l'écroulement du Capac-Urcu, la plus haute de leurs montagnes. La limite des neiges perpétuelles ou ligne d'égale hauteur dont le tracé frappe singulièrement dans les vues pittoresques des hautes Cordillères équinoxiales, oscille faiblement sous de petites latitudes. Lorsqu'on tente d'évaluer l'étendue de ces oscillations dépendantes des saisons, surtout du temps des sécheresses ou des pluies, il ne faut pas confondre la neige tombée sporadiquement [1] et ne se conservant que peu de

[1] On peut être surpris de voir que dans un tableau de la limite des neiges, rédigé par un observateur profondément instruit, le colonel Hall, le commencement des neiges soit fixé au Nevado de Cayambé, placé sous l'équateur même, à la hauteur de 14217 pieds anglais ou 2221 toises. Ce savant rappelle que la mesure a été faite à l'époque des grandes sécheresses de juin et octobre, où les neiges descendent autant qu'elles remontent pendant le temps des pluies. Pour l'Antisana (15838 feet ou 2475 t.), le Chimborazo (16000 feet ou 2501 t.) et le Cotopaxi (15646 feet ou 2446 t.), les résultats de M. Hall ne diffèrent que de 15 à 20 toises de ceux de M. Boussingault. La hauteur moyenne de la limite des neiges adoptée par M. Hall, qui, muni d'excellents instru-

temps, avec les véritables oscillations des neiges perpétuelles, mouvements très-lents et progressifs. A la pente de l'Antisana où la limite des neiges perpétuelles semble près de 2500 toises, le plateau de l'*Hacienda*, peuplé de bœufs à demi-sauvages, et même une partie alpine au-dessous de ce plateau se couvrent quelquefois de neige pendant plusieurs mois. Ce sont-là des effets d'une grande chute de neige accidentelle, la *ferme* (*hacienda*) n'ayant que 2104 toises de hauteur absolue. Comme dans les résultats que nous comparons, les erreurs des mesures[1] se mêlent aux effets

ments, a habité longtemps le plateau de Quito, est de 15736 feet ou 2459 t. (J'ai trouvé 2471 t.) Voyez Hooker, *Journ. of Botany*, vol. I, p. 327, et James, *Edinb. New Phil. Journ.* vol. XVII, p. 380. Il y a peut-être quelque erreur de chiffre dans la hauteur que le colonel Hall assigne aux neiges de Cayambé, comme il y en a bien positivement pour cette plante phanérogame qui doit végéter à la pente du Chimborazo à 17000 feet ou 2657 toises d'élévation. C'est le *Saxifraga Boussingaulti* de M. Adolphe Brongniart qui a été trouvée par le voyageur célèbre dont elle porte le nom à 2466 t. (4808 m.) de hauteur, mais dans un lieu où les neiges perpétuelles descendaient plus bas.

[1] C'est cette discussion des mesures et des limites de

produits par la différence des saisons et du climat local de chaque groupe de montagnes, il est assez hasardeux de prononcer sur l'étendue des oscillations. Lorsque les rochers de Rucu Pichincha, qui forment le sommet le plus élevé de la crête allongée de ce Volcan, et que La Condamine n'a pas mesurés, se dépouillent entièrement de neige, l'oscillation est de 35 toises, car Rucu Pichincha est, selon mes relèvements, élevé

probabilité qu'elles offrent, qui est indispensable dans le sujet qui nous occupe. Comme par l'admirable tranquillité de l'atmosphère et la petitesse des variations qu'éprouve la densité de ses couches, les angles de hauteurs de la cime des Andes restent les mêmes sous les tropiques pendant un long espace de temps, les variations de hauteur de la limite inférieure des neiges peuvent être déterminées à de grandes distances, et par conséquent sur la pente de plusieurs Nevados à la fois, en comparant les angles de hauteur des sommets avec ceux de la limite des neiges, là où par une mesure nométrique la distance a été préalablement fix les angles sont trop petits pour emplo *artificiel*, on peut, en se servant d flexion, mesurer simplement la d limite des neiges. A Chillo, élo de 14211 toises, j'ai vu varie limite des neiges de 0° 20′ 6

de 2490 toises au-dessus du niveau de la Mer du Sud. J'incline à croire que près de l'équateur, l'oscillation de la limite des neiges atteint de 40 à 60 toises, ce qui n'est encore que $\frac{1}{60}$ de la hauteur absolue de cette limite.

Je n'ai rien vu sous les tropiques, ni à Quito, ni au Mexique, qui ressemble aux *glaciers* de la Suisse. J'avais pensé 1° que des causes météorologiques s'opposaient au changement des *névés* ou *glaciers* par l'absorption de l'eau qui pénètre et cimente les grains incohérents de grésil et les cristaux de neige; 2° que les *coulées de neige*, source primitive de tout glacier, n'avaient pas lieu, lors même que la forme et la pente des vallées pouvaient favoriser leur descente, à cause du manque de volume et de poids de la neige *surincombante*. Sous la zone tempérée, dans les Alpes de la Suisse, par exemple, toutes les eaux qui pendant neuf mois de l'année tombent dans les régions inférieures sous la forme de pluie, ne tombent dans les hautes vallées que sous la forme de neige. L'accumulation des neiges dans ces Alpes et la pression latérale de leur masse sur des plans inclinés, doit par conséquent être beaucoup plus considérable

que dans les *Nevados* de la zone équatoriale, qui s'élèvent pour la plupart sous la forme de cônes ou de dômes isolés [1], dans des couches d'air très-sec et à des hauteurs qui en égalant la cime du Mont-Blanc, resteraient presque encore dépourvues de neiges pendant une grande partie de l'année. Les doutes que j'énonce ici sembleraient devoir disparaître devant le témoignage d'un fait rapporté par un physicien dont l'autorité a toujours été des plus imposantes pour moi. M. Boussingault, que j'ai consulté sur l'existence des petits amas de neige et de grésil que les Indiens de Calpi m'avaient dit se trouver couverts de sables, bien au-dessous de la limite actuelle des neiges du Chimborazo, m'écrit : « Je ne sais rien des *neiges* souterraines du Chimborazo, et je doute fort de leur existence ; mais au Volcan de Tungurahua, nous avons rencontré, le colonel Hall et moi, à la hauteur de la ville de Quito (donc à peu près à 1500 toises de hauteur absolue) une

[1] L'isolement des montagnes empêche, même dans les Alpes, la formation des glaciers. Saussure, *Voyage dans les Alpes*, § 530. Agassiz, *Etudes sur les Glaciers*, p. 21.

masse énorme de neige endurcie, un véritable glacier comme ceux de la Suisse. C'est le seul *glacier* que j'aie vu en Amérique entre les tropiques. » Je demande à mon tour si les neiges accumulées au Volcan de Tungurahua étaient bien réellement des coulées des neiges communiquant avec la calotte de neige, d'ailleurs assez mince, qui couvre le cône du Volcan, ou si cette apparence de glacier n'était pas due à un éboulement, à une masse de neiges, qui a glissé sur la pente de la montagne, semblable aux avalanches dans les Alpes, qui, imbibées d'eau, se transforment en glace [1].

Zone Torride de 16° a 19° Nord. — Mes observations du Mexique et celles de M. Pentland, faites dans les Cordillères du

[1] Saussure, § 527 et 540. Agassiz, p. 142. Hugi, *Wesen der Gletscher*, 1842, § 36. Pendant les grandes éruptions du Cotopaxi, La Condamine a vu descendre vers la plaine de Llactacunga, d'énormes quartiers de glace nageant dans des torrents que formaient les neiges fondues. En gravissant le Tungurahua par la Cuchilla de Guandisava, j'ai reconnu, à 1658 toises de hauteur, les traces d'un éboulement, par lequel, dans le fameux tremblement de terre de Riobamba (7 février 1797), une belle forêt de *Cedrela odorata* s'était dépla-

Haut Pérou, nous offrent des contrastes très-remarquables et au premier abord très-inattendus, par des latitudes correspondantes, mais dans les hémisphères opposés. Ce n'est qu'en approfondissant davantage les causes météorologiques si compliquées qui modifient la hauteur des neiges, ce n'est qu'en abandonnant la supposition que cette hauteur est simplement *fonction* de la latitude, qu'on est parvenu à expliquer jusqu'à un certain point les discordances que présentent les extrémités de la zone torride au nord et au sud de l'équateur. J'ai trouvé sur le plateau du Mexique, entre les 19° et 19° ½ de latitude boréale, le maximum de la hauteur des neiges, c'est-à-dire la véritable limite inférieure des neiges éternelles,

Au Volcan Popocatepetl, lat 18°59′. . . .	2341 t. ou	4563 m.
Au Nevado Iztaccihuatl, lat. 19° 10′.. . .	2305	4492
Au Volcan de Toluca, lat. 19° 11′.. . . .	2295	4473

cée, en glissant sur la pente de la montagne. Lorsqu'à la distance de 15585 toises, sur le plateau de la nouvelle ville de Riobamba, je mesurai le Tungurahua, les neiges descendaient jusqu'à la hauteur de 2153 toises. C'étaient donc des neiges fraîchement tombées, formant une ligne de niveau très-régulière, et masquant la véritable limite inférieure des neiges permanentes.

La moyenne de ces trois déterminations mexicaines est de 2313 toises ou 4507 mètres. La limite des neiges, depuis l'équateur traversant les Cordillères de Quito jusqu'aux 19° N. au Mexique, n'avait donc baissé, selon mes mesures, que de 157 toises ou 306 mètres. Cette moyenne différait même très-peu de celle que le colonel Codazzi a trouvée dans la Sierra Nevada de Mérida, par les 8° 5′ de latitude boréale.

J'ai tâché de suivre avec beaucoup de soin, surtout à la pente des deux Volcans de la Puebla[1] (le Popocatepetl et l'Iztaccihuatl)

[1] Ce qui doit contribuer à donner quelque confiance aux angles de hauteurs pris simultanément de la cime et de la limite des neiges, c'est que de bonnes observations barométriques correspondantes, faites en novembre 1817, par M. Samuel Birckbeck, au sommet du Volcan de Popocatepetl, et par M. Vetsh à Mexico, offrent pour la cime du Popocatepetl une hauteur absolue de 2789 toises : hauteur qui ne diffère que de 18 toises du résultat de ma triangulation (2772 toises) dans le Llano de Titimpa, près du village de San Nicolas de los Ranchos. Déjà, en avril 1827, la mesure barométrique de M. William Glennie avait donné 17884 pieds anglais, ce qui encore ne diffère que de 22 toises de ma mesure trigonométrique. La différence est un

visible sur les bords du lac de Tezcuco, du haut de la pyramide de Cholula et du Llano de Titimpa, les oscillations de la limite des neiges selon la différence des saisons. Voici les résultats de mes mesures dont les trois premières sont trigonométriques et les deux dernières faites à l'aide du baromètre, mais dans des circonstances très-favorables.

Au Popocatepetl, 20 nov. 2341 t.	18 janv. 2088 t.	25 janv. 1973 t.
A l'Iztaccihuatl. 20 nov. 2305	18 janv. 2029	25 janv. 1907
Au Pic d'Orizaba, 15 fév.	.....	 2202
Au volcan de Toluca [1], 29 sept. 2295	.....	.....
Au Cofre de Perote, 6 fév.	.....	 1898

peu plus grande au Llano de Titimpa, que M. Glennie trouve 1264 toises au lieu de 1234. (Comparez mon *Recueil d'Observations astronomiques*, t. II, p. 543; *Oltmanns Astron. und hypsom. Grundlagen der Erdbeschreibung*, t. I, p. 23; Burkart, t. I, p. 69.) Lorsque les questions de physique générale dépendent presque entièrement de certains éléments numériques, il me paraît indispensable de mettre le lecteur à même de pouvoir discuter le degré de probabilité relative qu'offrent ces éléments. Les légères différences numériques que l'on peut remarquer entre les données consignées ici et celles de mes publications antérieures, tiennent à de nouveaux calculs auxquels M. Galle a bien voulu soumettre l'ensemble de mes observations.

[1] Au mois de mars, après le froid hivernal, pendant

D'après ce tableau, la moyenne des oscillations a été dans les années 1803 et 1804, de 320 toises (623 mètres). On ne peut être surpris de la différence d'étendue que l'on observe entre les grandes oscillations mexicaines et les très-petites oscillations de la limite des neiges perpétuelles à Quito. L'influence des plateaux voisins plus ou moins chauffés selon les saisons, les variations de l'humidité de l'atmosphère et l'état de sérénité du ciel, agissent simultanément pour élever ou abaisser le bord de la calotte neigeuse. Or, à la ville de Mexico, à 1168 toises de hauteur, les trois mois de décembre, janvier et février ont eu en 1826 une température moyenne[1] de 12°,7,

lequel, même à la ville de Mexico, la moyenne des nuits est au-dessous de 6°, un voyageur très-instruit, M. Burkart, a trouvé les neiges du Volcan de Toluca déjà à 735 toises d'élévation au-dessus de la ville du même nom, ce qui, d'après mes observations barométriques, ne donne que 2114 toises de hauteur absolue. Mes observations assignent au sommet du Volcan (au *Fraile*) 2372 toises, à la ville de Toluca 1379 toises. M. Burkart (*Aufenthalt und Reisen in Mexico*, t. I, p. 180, 184 et 187), trouve 1359 toises pour la première, 2387 toises pour la seconde de ces hauteurs.

[1] Voyez, pour les fondements de ces évaluations,

tandis que les trois mois les plus chauds (mai, juin et juillet) ont eu 19°,6. Sous l'équateur, à Quito, la moyenne des mois les plus froids et les plus chauds ne diffère, selon mes propres observations et celles du colonel Hall, qu'à peine de 1 ou 2 degrés.

Il est intéressant de comparer la hauteur des neiges du Mexique avec celle qu'offre le plateau de l'Abyssinie sur un parallèle un peu plus méridional. M. Rüppel[1] nous a fait connaître l'élévation des sommets du Buahat (lat. 13° 12′) et de l'Abba Jarat (lat. 13° 10′), qui pendant toute l'année sont couvertes de neiges. Ces sommets ont 2246 et 2349 toises de hauteur au-dessus des eaux de la Mer Rouge. La limite des neiges en Abyssinie diffère donc très-peu de celle des Nevados du Mexique. Nous apprenons par l'itinéraire hypsométrique de M. Rüppel, qu'un plateau

Burkart, t. I, p. 252. Pour apprécier l'influence du refroidissement nocturne dans les différents mois, il faut se rappeler que le thermomètre s'est soutenu, le matin à sept heures, de mars à juin, entre 13°,6 et 16°,4; de juillet à novembre, entre 16°,2 et 10°,7; en décembre, janvier et février, à 6°,9; 6°,6 et 7°,9.

[1] *Reise in Abyssinien*, t. I, p. 414; t. II, p. 443.

adossé au Buahat, à une hauteur absolue de de 2180 toises, n'était couvert que de neige fraîchement tombées[1] et n'entrait pas dans la limite des neiges perpétuelles.

Récapitulation. (*Zone toride de* 13 ¼ *à* 19 ¼ N.)

Lat. 13° 10′.	Montagnes d'Abyssinie.....	2200 t. ou	4287 m.
Lat. 19°-19° ¼.	Montagnes du Mexique...	2313	4504

Zone torride de 16° à 19° sud. — Ce que nous savons sur la limite des neiges dans cette partie de l'hémisphère austral, est dû

[1] Il tombe sporadiquement de la neige, à Quito, à 2050 toises; au Mexique, où les vents du nord et du nord-ouest arrivent à travers un vaste continent prolongé vers le pôle boréal et couvert de neiges qui abaissent la température, à 1550 toises de hauteur moyenne. Dans des cas extrêmement rares, on a observé le phénomène des neiges sporadiques, même à Mexico (1173 toises), le jour de l'expulsion des Jésuites, et à Valladolid de Machoachan (1000 toises). Un peu plus au nord, par les 20° 53′ de latitude australe, M. Lepervanche a vu, en juillet 1839, des pitons de l'île de Bourbon se couvrir de neige à 1540 toises d'élévation. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. IX, p. 735.) Dans l'île de Ténériffe, la neige a été vue une fois un peu au-dessus de la Laguna (lat. 28° ½ et hauteur 290 toises). Voyez *Relation histor.* t. I, p. 110.

à M. Pentland dont les mémorables travaux ont enrichi à la fois la géologie, la physique du globe et la géographie astronomique. Ce voyageur, dès son premier voyage (1827), a fixé cette limite pour la Cordillère *orientale* du Haut-Pérou, entre les 14° $\frac{1}{2}$ et 16° $\frac{3}{4}$ de latitude, à 2670 toises (5200^{m}) d'élévation au-dessus du niveau de la Mer du Sud, tandis que dans les Andes de Quito elle descend, tout près de l'équateur, à la hauteur moyenne de 2470 toises (4800^{m}) et au Mexique, sous la latitude de 19° N. correspondante à celle du Haut-Pérou, à 2313 toises (4504^{m}). M. Arago[1], en publiant ce curieux résultat, ajoute la judicieuse remarque « que dans les deux Cordillères (orientale et occidentale) du Haut-Pérou, sur des revers opposés, le décroissement de la chaleur est modifié, comme à la pente tubétaine de l'Himalaya, par le rayonnement et par l'influence d'un grand plateau. (Celui de Titicaca a 1986 toises de hauteur.) Dans les montagnes du Mexique, entre les 18° et 19° de latitude, toute végé-

[1] *Annuaire du Bureau des Longitudes*, pour l'an 1830, p. 331.

tation (phanérogame) disparaît[1] à 2000 ou 2200 toises de hauteur, quand au Pérou, sur le prolongement de la même chaîne, non-seulement il existe une nombreuse population agricole à des hauteurs supérieures, mais on y trouve encore des villages et des cités. Le pavé de la *Haute Ville* de Potosi a 2137 toises ou 4166 mètres d'élévation absolue. Aujourd'hui un tiers de la population des contrées montueuses du Haut-Pérou habite des régions situées fort au-dessus de celle où toute culture et toute végétation a cessé à parité de latitude dans l'hémisphère boréal. » J'ai l'avantage de pouvoir consigner ici, d'après des notes manuscrites très-récentes de M. Pentland, les résultats que ce voyageur a obtenus pendant le cours de son second séjour à Bolivia en 1838.

[1] Comparez, sur les limites supérieures de la végétation, mon *Recueil d'Observations astron.* t. I, p. 329 et 332, de même que mes *Proleg. de distribut. gebgr. plant.* p. 114. Au-dessus de l'Arenaria bryodes, du Cnicus nivalis et du Chelone gentianoïdes, quelques graminées mexicaines approchent de la limite même des neiges perpétuelles.

A) *Cordillère orientale*, à l'est du Lac de Titicaca. Limite des neiges :

Au Nevado de Guaracolta, dans le groupe de Vilcanoto, lat. 14° 30′ (déclivité N. E. au mois de juillet).	2540 t. ou 4951 m.
Au Nevado d'Illimani, qui a 3732 t. (7275 m.) de hauteur[1], lat. 16° 42′ (un peu au sud de la mission d'Ocobaya), pente S. O. en novembre.	2439 t. ou 4755 m.

Dans quatre autres points sur les pentes occidentales et méridionales de la même Cor-

[1] C'est le résultat de la seconde mesure trigonométrique du Pic septentrional d'Illimani ; la hauteur de la base, déterminée barométriquement, était de 2051 toises. Pour prouver la grande confiance que méritent les observations de M. Pentland, je rappellerai que la première mesure, faite onze ans plus tôt, avait donné 3752 toises (7315 m.). Différence de 20 toises. Le colosse plus septentrional, le Sorata ou Tusubaya, à l'ouest de la mission de Challana (lat. 15° 50′), a, selon M. Pentland, 3948 toises ou 7695 mètres. C'est 598 t. de plus que le Chimborazo, seulement 78 t. de moins que le Jawahir, et 442 toises de moins que le Dhawalaghiri ; mais des deux montagnes de l'Himalaya que je viens de nommer, la dernière n'est pas encore mesurée avec précision.

dillère, M. Pentland a trouvé les neiges, en 1838, à la hauteur[1] de

2478	toises ou	4832	mètres.
2429	—	4736	—
2454	—	4782	—
2449	—	4773	—

En 1827, les neiges avaient été trouvées plus élevées sur le flanc N. E. de ces mêmes montagnes. Le fameux Cerro de Potosi (lat. 19°36′) a 2507 toises d'élévation et reste cependant dépourvu de neiges perpétuelles.

B) *Cordillère occidentale* ou du littoral, à l'ouest du Lac de Titicaca. Limite des neiges :

Au Volcan d'Inchocayo, près de la source de la rivière du même nom, qui traverse la ville d'Arequipa, lat. 15° 58′. . .	2668 t. ou 5133 m.
Au Volcan d'Arequipa (au N. E. de la ville), lat. 16° 20′. . . .	2770 t. ou 5400 m.
Au Volcan de Chipicani ou de Tacora, dont l'élévation totale atteint 3350 t. (lat. 17°46′); pente S. E. en octobre. . . .	2868 t. ou 5592 m.

[1] *Comptes rendus*, t. VI, p. 831; t. VII, p. 490. *Journ. of the Geogr. Soc.* t. VIII, P. 3, p. 427.

Au Volcan de Sajama, Sacama ou Sehama, dans la province de Carangas, lat 18° 7′ (haut. totale, 3418 t.). . . . . 3039 t. ou 5925 m.

Au Volcan de Paachata ou Pomaraspe (lat. 18° 10′), dans le groupe de Carangas, pente N. E. en septembre. . . . . 3139 t. ou 6120 m.

Les mesures de la limite des neiges dans la Cordillère orientale sont toutes barométriques; celles de la Cordillère occidentale ont été obtenues par une triangulation. Sur la pente N. N. E. de l'Illimani les neiges se maintiennent à une élévation de presque 2590 toises; mais en général, dans la Cordillère orientale, composée de schistes à Productus, de roches arénacées, de syénites et de porphyres dans lesquels sont empâtés des fragments anguleux de grauwacke, les neiges descendent bien davantage que dans la Cordillère occidentale qui est toute volcanique et trachytique. Le Volcan de Tacora a une solfatare très-active à sa base N. E. Le Volcan de Paachata donne encore de la fumée, et M. Pentland croit que le feu volcanique que recèle la Cordillère du littoral rend les résultats de la seconde série moins

certains que la mesure des neiges de la Cordillère orientale. Ce doute, fondé sur des suppositions de crevasses latérales ouvertes, de parois très-perméables à la chaleur et sur l'intensité permanente du feu intérieur, est, je l'avoue, peu justifié par l'analogie des volcans actifs de Quito. Le Cotopaxi et le Tungurahua ne se dépouillent de leur calotte de neiges que peu de jours avant l'époque de très-grandes éruptions. Une source sortant d'un schiste de transition de la Cordillère orientale de Bolivia, à la hauteur des neiges, fut trouvée de 1°,3 de température. Une extrême sécheresse de l'air se réunit à Bolivia à l'influence du plateau entre les deux chaînes.

« Pendant le séjour que je fis à la ville de Chuquisaca (lat. 19° 2′, haut. 1458 toises), du 13 janvier au 26 mars, écrit M. Pentland, je ne vis jamais tomber un seul flocon de neige, quoiqu'il pleuve abondamment dans cette saison. Je voyageai dans les provinces de Chuquisaca et de Cochabamba, du 26 février au 1er avril, et quoique les pluies fussent continuelles, elles ne se convertirent pas en neige à 1600 toises de hauteur. Je ne commençai à voir tomber de la neige que lorsque j'avais at-

teint l'élévation de 1990 toises, près Caracollo. »

C'est un résultat très-digne d'attention que le rapport qui existe entre la hauteur (α) de la limite inférieure des neiges perpétuelles et le minimum de la hauteur (β), à laquelle il tombe sporadiquement de la neige. Différence $\alpha - \beta$ sous l'équateur, à Quito = 600 toises; à Bolivia (lat. aust. 16° — 19°) = 720 toises; au Mexique, selon les saisons, de 850 à 1350 toises. La différence augmente d'abord à mesure que α diminue : elle est dans le sud de l'Espagne, près de Grenade, de plus de 1700 toises. Ce n'est que depuis le parallèle de 36° ou 37° que sporadiquement en Europe et en Afrique il commence à tomber de la neige jusqu'au niveau de la mer. Parmi les diverses causes qui influent à la fois sur α et $\alpha - \beta$, la chaleur estivale est plus puissante sur α, le refroidissement hiémal plus puissant sur $\alpha - \beta$. Les deux quantités sont fonctions du décroissement du calorique en différentes saisons, et les observations de M. Pentland prouvent que β ne diminue pas toujours en raison des latitudes, de même que la hauteur de α suit aussi d'autres lois. La différence $\alpha - \beta$ atteint

son *maximum* dans l'Ancien Continent, par les 36° ou 37° de latitude, et diminue de nouveau vers le nord. Dans le système des climats d'Europe, elle est de plus de 1400 toises par 45° $\frac{1}{2}$ et seulement de 600 toises par 67° de latitude; c'est-à-dire elle est près du cercle polaire ce qu'elle est à l'équateur, quoique les valeurs absolues de α soient dans ces deux zones, dans le rapport de 1 à 4. Pour se former une idée plus précise de cette valeur variable ($\alpha - \beta$), de l'effet du décroissement du calorique dans une certaine saison de l'année, il faut distinguer entre la température de la couche d'air dans laquelle la neige se forme et la température des couches à travers lesquelles la neige passe en agrandissant ses flocons, avant de se fondre et de se réduire en pluie. La grandeur et l'état de consistance des cristaux agrégés en flocons s'opposent inégalement à la fonte, à température égale et des flocons et des couches d'air qu'ils traversent. Des circonstances météorologiques qui, au premier abord, paraissent entièrement analogues, rendent la rareté de la grêle, dans les basses régions tropicales, plus difficile encore à expliquer (*Rel. hist.* t. II, p. 272).

Récapitulation. (Zone torride de 14° ½ à 18° Sud.)

Cordillère orientale de Bolivia, moyenne.	2490 t. ou 4853 m.	Pentland.
Cordillère occidentale de Bolivia, moyenne.	2897 t. ou 5646 m.	

Zone tempérée de 30° ¼ a 32° nord. — Ce sont les déterminations hypsométriques sur les pentes de l'Himalaya dans la zone tempérée, qui, douze ans avant les mesures faites au Chili à l'extrémité de la zone torride, ont présenté, pour la première fois, une série de phénomènes dont les éléments numériques semblaient d'abord déroger à des lois que, depuis les temps de Bouguer et de La Condamine, on croyait solidement établies. Il ne s'agissait pas du décroissement très-lent de la limite des neiges perpétuelles depuis l'équateur vers les bords de la zone torride, déjà confirmé par mes observations du Mexique, mais de la comparaison de l'équateur avec une partie de la zone tempérée sous le parallèle de la Floride, de Maroc et de la Syrie méridionale. Les recherches sur la limite des neiges dans l'Himalaya sont intimement liées aux mesures des *maxima de la ligne*

de faîte de cette vaste chaîne de l'Asie tempérée. Déjà quelques opérations du colonel Crawford et du lieutenant Macartney (des essais de mesures de cimes très-élevées que l'on distingue de la ville de Patna et des angles de hauteur pris dans le Cafiristan), avaient répandu[1] dans les colonies anglaises, depuis le

[1] Elphinstone, *Voyage to Caboul*, p. 95. Hamilton, *Account of Nepal*, p. 92. Les mesures du colonel Crawford semblaient confirmer dès-lors les vagues évaluations du Pic de Chamalari (lat. 28°5′, long. 87°8′), au nord de Tassisudan, publiées dans le *Voyage au Tubet* de Turner (*Asiat. Researches*, t. XII, p. 234. *Journal of the Royal Inst.* 1816, p. 388), évaluations qui atteignaient, non 26000 pieds anglais, comme l'indiquent nos cartes, mais 28000 de ces pieds, ou 4377 toises. « Chamalary is not founded on data sufficiently certain. The distance has not been determined with precision. The grounds of Elphinstones estimate are also very vague. » (*Notes manuscrites de M. Colebrooke*, mai 1824.) Le Jawahir est composé de trois pics qui se suivent dans la direction N. E.—S. O. Il est identique avec le n° XIV du tableau des hauteurs du capitaine Webb (lat. 30° 22′ 10″, long. 77° 36′ 56″), comme avec les montagnes désignées A n° 1, A n° 2 et A n° 3 de la carte de Herbert. L'intermédiaire des trois *Jawahir-Peaks* est le plus élevé de tous. « *So far as our knoledge extends*, disait le capitaine Hodgson en 1819

commencement du 19e siècle, l'idée « que plusieurs montagnes de l'Inde atteignent ou surpassent en élévation les Cordillères de Quito. » On ne pouvait avoir égard alors qu'à ces dernières, la hauteur du Sorata dans les Andes de Bolivia, inférieure à peine de 78 toises au colosse de Jawahir dans l'Himalaya, n'étant pas connue avant l'expédition de M. Pentland. M. Webb, lieutenant au corps d'infanterie du Bengale, chargé, par lord Moira, de lever la carte du Kumaon, a contribué plus qu'aucun

(*Asiat. Res.* t. XIV, p. 324) *the Peak* A n° 2 *is the highest mountain in the world.* » Ces mots prouvent que M. Hodgson ne croyait pas plus que le savant Colebrooke aux 4390 toises (28067 pieds anglais) attribuées au Pic Dhawalagiri ou Gasakoti (lat. 28° 40′, long. 80°59′), colosse qui donne naissance à la rivière de Ghandaki, dans le lit de laquelle on trouve les *ammonites salagrana*, symboles d'une des incarnations de Vishnou, et objets du culte brahmanique. Les deux frères Gerard, selon l'excellente et très-récente publication que M. George Lloyd a faite de leurs mémorables voyages, ont persisté dans l'opinion que the « great Tartaric chain » atteint 29000 à 30000 pieds (4376 à 4690 t.). Voyez *Lloyd and Gerards Tour in the Himalaya*, 1840, p. 143 et 312; Royle, *Illustr. of the Him. bot.* p. XI.

autre voyageur, à faire connaître la hauteur de la *ligne de faîte*, et plus tard celle de la limite des neiges perpétuelles. Mais encore en 1808 la connaissance hypsométrique des montagnes de l'Inde était si peu avancée [1] en

[1] Lorsque, après une absence de cinq ans, je retournai en Europe, en 1804, je ne pouvais comparer mes observations sur la limite des neiges à aucun résultat obtenu dans l'Inde, dans l'Hindou-Kho ou au Caucase. On n'a appris à connaître en Europe les mesures de l'Himalaya, les déterminations du *maximum* de la hauteur des neiges ou de la limite des végétaux, que quinze années après mes travaux du Mexique. En Asie, comme partout ailleurs, d'aventureuses expéditions de voyageurs avaient cependant précédé les mesures et les relèvements géodésiques. La géographie a profité des conquêtes des Chinois et des Mongols, des paisibles pélerinages de prêtres bouddhistes, du zèle de conversion et de l'habileté diplomatique des Jésuites. Il sera intéressant de réunir dans un même tableau les époques les plus mémorables de ces progrès de l'orographie asiatique dans l'Inde, le Tubet et la Chine occidentale.

Les PP. Jésuites Bénédict de Goes se rendent de Goa à Lahore et Kachmir (1598), puis (1602) de Lahore, par Peshaver, Badakshan, Kachghar, Yarkand et Hami, à So-tcheou, en Chine;

Les PP. Jésuites Antonio de Andrada et Manuel Marquez (1625), de Dehli, par Sirinagur, au plateau du Tubet, sur les rives du Haut Sutledge (Ssetledj

la comparant à celle de l'Amérique espagnole que M. Webb écrivit dans une lettre adressée

ou Seatadru), dans le pays des laines de Schawl d'Oundès, de Daba et de Charapangue (le Tshaprang du capitaine Herbert, le Chaprung de Moorcroft, lat. 31° 8', long. 77° 12').

Les PP. Jésuites Dorville et Gruber (1661) voyagent de Peking, par Sening, par les montagnes du Khou-Khou-Nor (Khoulkoun-Noor) et par H'Lassa, à Agra, dans l'Inde, en 214 jours;

Les PP. Jésuites Desideri et Freyre (1714-1726), se rendent de Dehli, par Kachmir, Leh (Ladak), à H'Lassa. C'est aussi l'époque du célèbre voyage des deux Lamas géographes que l'empereur Kang-hi envoya de Peking à H'Lassa et aux sources du Gange.

Le P. Horazio de la Penna, capucin, réside à H'Lassa pendant 33 ans, comme chef de la mission tubétaine qui fut dissoute en 1741.

Le P. Jésuite Tiefenthaler, Tyrolien (1766), se livre à des recherches géographiques dans la province d'Oude, le Kemaun et le Népal. Il a vu et figuré, le premier, sur sa carte, le colosse du Dhawalagiri (4390 t.), *Montes Albi*, *qui Indis Dolaghir*, *nive obsiti*. Le capitaine Webb se sert constamment de cette même dénomination de Dolaghir.

Les travaux scientifiques des Anglais commencèrent par la mission de Bogle, qu'accompagna le chirurgien Hamilton (1774) au Tubet.

Voyage de Turner, Davis et Saunders (1783), par le

à mon illustre ami M. Colebrooke : « La hauteur de l'Himalaya reste encore à déterminer ;

passage de Sumunang vers le Teshu-Lama à Teshu-Lumbu. Première mesure approximative d'une des hautes cimes de l'Himalaya, du Chamalari (4377 t.?)

Expédition du Népal par le colonel Kirkpatrik (1792).

Séjour de Francis Hamilton-Buchanan à Katmandu (1802).

Expédition aux véritables sources du Gange par le lieutenant-colonel Colebrooke, le capitaine Raper et le lieutenant Webb (1808).

William Morcrooft (1812) parvient, par le passage de Niti, au plateau tubétain de Daba et de Gertope, aux sources de l'Indus et aux deux lacs sacrés Rawanhrad et Manassa.

Guerre des Gorkhas (1814); voyage géologique de Fraser aux sources du Jumna, aux montagnes de Sirmore et de Gerwhal.

Les grands travaux géodésiques et hypsométriques de Webb, Hodgson, Herbert et des frères Gerard (1819-1825). Investigations de météorologie et de géographie des plantes.

Second voyage de Moorcroft accompagné de Trebeck et de Mir Izzed Ullah à Békhur (le Bekoeur de Victor Jacquemont), Kanawur, Ladakh, Kachmir, Peshaver et Bokhara (1819-1825).

Voyage hypsométrique du major Sir William Lloyd (1821), de Caunpur, Koteghur et Kampoor par le Burendo-Pass (2360 t.), à Belaspur.

en prenant la moyenne d'un grand nombre d'angles de hauteur et en appuyant ces angles à une base mesurée de la plaine de Rohilkhand, je trouve que les pics les plus élevés ont 21000 pieds anglais (3284 toises) au-dessus de cette base. » Or la hauteur des plaines de Rohilkhand au-dessus du niveau de l'Océan était inconnue à cette époque, les deux baromètres qu'on avait envoyés de Calcutta ayant été brisés en chemin [1]. Ce qui manquait jusque-là à la détermination absolue des cimes et de la limite des neiges fut largement obtenu en 1818 et en 1819 au moyen d'un grand nombre d'observations barométriques correspondant à celles que fit le colonel Hardwicke à Dundum, sur le littoral de l'Inde.

Lorsqu'au commencement de l'année 1820 on reçut en Europe les premières notions de

Voyages du capitaine Alexandre Gerard et de ses frères au plateau de Kanum (séjour du savant hongrois Csoma de Koeroes), à Shipke, Sungnum et la vallée de Spiti, couverte de calcaire jurassique (1818-1829). Voyez sur le détail de ces expéditions importantes pour la géographie physique, Ritter, *Asien*, t. II, p. 435-585.

[1] *Asiat. Res.* t. II, p. 448.

ces résultats hypsométriques[1] comme de l'excursion de M. Webb au col de Niti[2] et au plateau de Daba, les hauteurs auxquelles ce voyageur, et avant lui Moorcroft près du Lac Sacré (Manassarovar), avaient trouvé la terre entièrement dépourvue de neiges, semblaient déroger à tel point à des lois qu'on avait cru solidement établies, que tour à tour on se plaisait à révoquer en doute et les fondements de ces lois physiques et la justesse des observations récentes. Je tâchai dès-lors de prouver dans mon second mémoire sur les montagnes de l'Inde[3], que des considérations de physique générale ne justifiaient aucunement le soupçon d'un manque de précision

[1] *Quarterly Review*, n° 44, p. 415-430. *Journal of Litt. and Science*, t. VII, p. 38.

[2] *Nitee-Ghaut*.

[3] *Annales de chimie et de physique*, t. XIV, p. 5-55. Occupé en France dès l'année 1816 (L. c. t. III, p. 303) à prouver combien les travaux hypsométriques de Webb, Hodgson et Herbert étaient dignes de confiance, j'ai dû voir avec quelque peine citer mon nom dans l'*Adress in the anniversary meeting of the Royal Society in* 1837, dans un sens diamétralement opposé à mes efforts et à ma prédilection pour les belles opérations

dans la mesure des neiges perpétuelles et que rien m'empêchait d'admettre que les neiges à

trigonométriques faites au pied de l'Himalaya. « M. Colebrooke (est-il dit dans le discours du président) was also the first person who maintained the superior elevation of the Himalayan mountains above the Andes of America, in opposition of the opinions generally entertained at that period and which had been sanctioned by the authority of Humboldt's theory of the range of the curve of perpetual congelation. » Mes travaux de Quito n'ont fait que confirmer les très-anciennes mesures des académiciens français. Des sommets de l'Himalaya dépourvus de neige et placés par les 29° et 31° de latitude, pouvaient sans doute, au premier abord, dans l'Inde même, être censés inférieurs en hauteur aux *Nevados* de la zone équatoriale de l'Amérique; mais connaissant la multiplicité des causes physiques qui influent simultanément sur la hauteur des neiges, aucune vue théorique ne devait m'empêcher d'adopter les résultats obtenus par des mesures directes. Une plainte légère énoncée par M. Hodgson (*Asiat. Res.* t. XIV, p. 211) a peut-être donné lieu au malentendu que j'ose signaler dans cette note. M. Hodgson n'ayant pu se procurer à Calcutta mes deux mémoires sur les montagnes de l'Inde, avait pensé, d'après des rapports erronés venus d'Angleterre, que j'étais disposé à maintenir la supériorité du Chimborazo sur les Pics Jawahir. Mon illustre ami M. Colebrooke m'écrivit à ce sujet dans une lettre que je conserve (2 juin 1824) : « You will be gratified to remark

la pente méridionale de l'Himalaya se trouvaient à 1900 t.; à la pente septentrionale à 2400, peut-être même à 2600 toises de hauteur. (*Ann. de Chimie*, t. XIV, p. 50, 51 et 56.) J'exposai en même temps que la limite des neiges, c'est-à-dire le *maximum* moyen qu'atteint cette limite pendant le cours de plusieurs années, dépend à la fois de la température normale des plaines ou des plateaux au-dessus desquels les cimes s'élèvent, du degré de chaleur et de la durée des étés, de la quantité de neige qui tombe en hiver, de la direction des vents, de la position plus ou moins continen-

that capt. Gerard's observations compared with those of capt. Webb and Hodgson confirm your position as to the relative limit of constant congelation on either side of the snowy mountains. I am not sure that I shall rejoice in your arduous undertaking, the pilgrinage to Himalaya. You find an inadvertent remark of capt. Hodgson in his *Account of the Himalaya Mountains* (*Asiat. Res.* t. XIV). I have had a letter from capt. Hodgson accounting for the oversight, expressing his regret for it and doing you the justice which every well informed person does. You were certainly the first in Europe who took up the defence of the measurments of the Himalaya which the Quarterly Reviewers and an Edinburgh professor attempted to inpeach. »

tale du lieu, de l'étendue et de la hauteur des plateaux adossés, de la sécheresse de l'atmosphère, du degré de sa diaphanéité (de son état serein ou brumeux) qui modifie et l'action des rayons solaires et les pertes de calorique par rayonnement, enfin de l'escarpement des sommets, de la masse des neiges voisines et de la forme d'agroupement des *Nevados*.

Je rappelai que si toutes les montagnes couvertes de neiges éternelles, au lieu d'être en grande partie liées les unes aux autres dans des chaînes continues, au lieu d'être adossées à des plateaux plus ou moins larges, formaient des cônes isolés et d'égale dimension, dans l'étendue des mers, il serait probable que la limite des neiges, par différents méridiens, serait à la même hauteur au-dessus d'une *ligne isothère* tracée au niveau des eaux. Or, comme les *lignes isothères* ont des sommets très-convexes dans l'intérieur des grands continents, il en résulte que par l'échauffement estival des terres inégalement articulées, la limite des neiges se relève du littoral vers l'intérieur. La haute chaîne de l'Himalaya met une borne au climat de l'Inde; les moussons et les variations de sécheresse et de pluie qui en dépen-

dent ne le propagent pas au-delà. Le Tubet qui ne forme pas un seul plateau, mais plusieurs *hauts-fonds* de peu d'étendue, séparés par des chaînons en forme de *grille*, a un climat particulier dont nous ne connaissons encore que l'extrême sécheresse, et cette prodigieuse différence de températures diurne et nocturne, estivale et hyémale, qui est propre à tous les plateaux recouverts de couches d'air de peu de densité. A égale hauteur, nous le répétons ici, les pentes des montagnes reçoivent une inégale quantité de chaleur, selon qu'elles se trouvent contiguës à un plateau de 2000 toises de hauteur moyenne, ou qu'elles s'élèvent sans interposition d'un massif latéral, au-dessus de plaines très-basses. Si déjà une couche épaisse de nuages placée à 2000 toises d'élévation devient par son manque de diaphanéité une source de chaleur, combien cette absorption des rayons solaires n'est-elle pas plus grande à la surface d'un plateau *rocheux* ou couvert de sable. Dans le village tubétain de Langtchou, par exemple, à 2266 t. (4419^{m}) de hauteur, le sable[1] avait une tempé-

[1] *Asiat. Res.* t. XVIII, p. 251.

rature de 54°,3, tandis que l'air n'était échauffé qu'à 7°,8 : cependant au nord de Shipke, on a vu, dans une autre saison à 1720 t. (3352^{m}) de hauteur le thermomètre exposé à l'air[1], mais dans l'ombre, monter à 28°,7.

L'opinion que j'avais émise dès l'année 1820 sur la hauteur très-inégale de la limite des neiges perpétuelles aux deux pentes de l'Himalaya et sur la cause physique de cette différence, eut d'abord l'assentiment des hommes dont le nom avait le plus d'autorité dans l'Inde, l'assentiment de Colebrooke, de Webb, de Herbert et du capitaine Alexandre Gerard. Plus tard d'autres voyageurs, Victor Jacquemont, le baron de Hügel et le docteur Lord se sont prononcés dans le même sens, tandis que le frère du capitaine Gerard (pour le moins en 1822), Mac Clelland et surtout le lieutenant Hutton (1840) ont jeté de nouveau des doutes sur la plus grande élévation des neiges à la pente septentrionale de la chaîne de l'Himalaya. Il est de l'intérêt de

[1] Forbes Royle, *Illustration of the Botany of the Himalaya and Cashmire*, 1833, p. 38. (Comparez *Lloyd and Gerards Tours in the Himalaya*, t. II, p. 101.)

la géographie physique d'examiner les fondements de ces assertions divergentes. Je me crois d'autant plus engagé à offrir au lecteur l'ensemble des faits que depuis l'époque où j'ai dû renoncer au vif désir que j'avais de visiter le plateau de la Tartarie chinoise, mon attention est restée constamment fixée sur les livres et les journaux publiés dans l'Inde et renfermant des données hypsométriques. J'ai rappelé plus haut (dans la note de la p. 290) que, selon une lettre de M. Colebrooke écrite en juin 1824, les observations du capitaine Alexandre Gerard comparées à celles des capitaines Webb et Hodgson, justifiaient mon assertion sur l'inégalité d'élévation à laquelle se maintiennent les neiges des deux côtés de l'Himalaya. Dans la même année, M. Colebrooke m'écrivit encore : « *There is a paper of mine, in the Journal of the Royal Institution for* 1819 (vol. 17, n° 13), *on the limit of snow. I deduced from the materiels which I had, that the limit of constant congelation was* 13000 *feet* (2032 toises) *in the parallel of* 31°, *according to capt. Hodgson's information, and* 13500 *feet* (2110 t.) *at lat.* 30° *according to capt. Webb's. Indeed capt. Gerard found*

vegetation in full activity at the elevation of 16800 *feet* (2626 t.) *in lat.* 32°. (*Trans. of the Geol. Soc.* vol. VI, p. 138.) *This forcibly corroborates your position, that the limit of perpetual snow is higher on the north than on the south side of the Himalaya.* »

Voici les évaluations aux deux pentes :

Pente méridionale :	1954 t.	Webb[1].
	2032 t.	Colebrooke.
	2110 t.	Hodgson.
	2080 t.	Alex. Gerard[2].
	1800 t.	Victor Jacquemont[3].
	2100 t.	Charles de Hügel.
Pente septentrionale:	2600 t.	Webb.
	2900 t.	Moorcroft[4].
	3200 t.	Alex. Gerard[5].

[1] *Foreing Quart. Review*, n° XIX, Aug. 1833.

[2] *Asiat. Journ.* vol. XIX (1823) p. 630. Presque à la même hauteur (2015 t.), Hodgson a vu, dans sa troisième journée au-dessus de Gangotri, sortir le Gange d'une voûte de neiges au bord de leur limite inférieure. *Asiat. Res.* t. XIV, p. 114-117.

[3] Au nord de Cursali et de Jumnautri où la limite des neiges est horizontalement très-tranchée. Jacquem. *Voy. dans l'Inde*, p. 99

[4] *Tours in the Himalaya by Lloyd and Gerards*, 1840, p. 320.

[5] *Asiat. Res.* t. XVIII, p. 254. Mais au passage de

3078 t. Victor Jacquemont[1].
2500 t. Vigne.

Ces éléments numériques sont à peu près les *moyennes* qui résultent des journaux de route des différents voyageurs. Les données partielles diffèrent d'autant plus entre elles que rarement elles indiquent une mesure *directe* de la limite des neiges, mais que le plus souvent les chiffres hypsométriques désignent simplement l'élévation à laquelle *on n'a pas trouvé* de neige dans telle ou telle saison. Ce qui causa le plus de surprise aux physiciens de l'Europe, fut la nouvelle que le courageux Moorcroft, dans l'expédition qu'il fit à Oundès et aux Lacs Sacrés pour acheter des chèvres à laine de *Schawl*, avait traversé le passage de Niti-Ghat, le 30 janvier 1811, sans avoir rencontré la moindre trace de neiges à une hauteur que le capitaine Webb, qui traversa aussi le Niti-Ghat sans neige le 21 août 1819, trouva, par quatre baromètres et des observations correspondan-

Charang, Gerard place déjà la limite des neiges à 2550 t. et même 200 t. plus bas au passage de Harang, au S. E. de Murung, sans doute sous l'influence de la crevasse du Sutledge.

[1] *Voyage dans l'Inde*, p. 296.

tes faites sur les côtes par le colonel Hardwicke, de 16814 pieds anglais ou 2630 toises (5126^{m}). Un grand nombre d'autres passages de l'Himalaya, entre les vallées de Buspa et de Pabur, atteignent très-uniformément l'élévation de 2460 toises (celle du Mont Blanc) et ne sont exempts de neiges que pendant un petit nombre de mois [1]. Sur le plateau de la Tartarie chinoise, aux environs du Lac Chimorerel [2], vers l'est de la chaîne *méridienne* de Paralassa, le capitaine Alexandre Gerard ne trouva pas de neige à la hauteur de 2970 t., pas plus que près du pont de Changrezhing, par lat. 32°2', au nord de Shipke, à 3190 t. [3] (6216^{m}). Il attribua, comme moi, cette grande élévation de la limite des neiges perpétuelles à la réverbération des hautes plaines qui bordent l'Himalaya vers sa pente septentrionale. Il reconnut comme moi que si la végétation cessait à la même hauteur des deux côtés de la chaîne, une grande partie du Tubet et de la Tartarie

[1] Tels sont les *Passages* de Neebrung, Gounas et Gousoul. Voyez *Tours in the Himalaya by Lloyd and Gerards*, t. II, 66.

[2] *Asiat. Journ.* vol. V, p. 91. Royle, p. 39.

[3] *Trans. of the Asiat. Soc.* t. I, p. 379.

chinoise serait inhabitable pour l'homme[1]. Il trouva dépourvus de neiges des sommets de 2815 t. de hauteur sur le plateau de Bekhur, près de la rivière Tagla et entre le Sudledge et le passage de Zamsere[2].

Le capitaine Gerard se livrait à une supposition bien hardie sur la sécheresse croissante de l'air. Croyant que vers le nord le plateau du Tubet s'élève de plus en plus, il demande si l'on ne trouvera pas un jour des régions « qui sous les climats polaires, à cause de leur hauteur au-dessus du niveau de la mer, restent dépourvues de neiges[3] dans toutes les saisons de l'année. » Le même voyageur dépeint l'exhaussement remarquable de toutes les limites de culture et de végétation en arbre comme

[1] *Trans. of the Asiat. Soc.* (1826) t. I, P. 2. 357 et 362.

[2] Lloyd, *Tours in the Himalaya*, t. II, p. 82. 106 et 117. « I had a sight of the Hans Bussum, dit John Gerard, now quite black. It had lost all his snow and we would say its grandeur. I think it is 17500 feet (2735 t.), an astonishing height in this parallel of latitude (31° ½) to conceive that it does not enter the region of perennial showers of snow. » (L. c. t. I, p. 291.)

[3] *Asiat. Res.* t. XVIII, p. 256.

dépendant de la hauteur des neiges du Tubet et de la Tartarie chinoise. On a vu cultiver avec succès dans ces régions alpines le froment jusqu'à 1880 toises[1] (3663^{m}), ce qui est la hauteur des *Paramos* dans la zone équinoxiale et excède de plus de 400 toises les cultures de froment que j'ai vues sur les plateaux des Pastos, de Quito et de Caxamarca. Dans le Kunawur les récoltes d'orge (Hordeum hexastychon) sont abondantes à 2300 t. (4482^{m}) de hauteur, et le capitaine Gerard pense qu'en remontant le Sutledge, on verrait encore prospérer cette céréale jusqu'à 2660 t. (5184^{m})[2]. Une variété tartare d'orge appelée *Ooa* (voisine de l'Hordeum cæleste?) est cultivée à des hauteurs où il gèle presque journellement, le froid des basses couches de l'air augmentant par le rayon-

[1] On trouve près du village de Nako (lat. 31°52), à l'est du Haut-Sutledge, « luxuriant crops of wheat and barley, » à 1985 t. de hauteur. *Trans. of the Asiat. Soc.* t. I, p. 364. A la hauteur de 1870 t. il y en a près du confluent du Sutledge et du Spiti, comme aussi autour du village de Manès. *Tours in the Him. by Lloyd and Gerards*, t. II, p. 166 et 246.

[2] Royle, *Illustr.* p. 236.

nement du sol[1]. A la pente indienne ou méridionale de l'Himalaya, les chênes, les pins Deodwara et d'autres conifères en grands arbres ne montent qu'à 1845 toises[2]. Il y a quelques bouleaux *nains* à 2030 t. Sur la pente tubétaine ou septentrionale de l'Himalaya au contraire, le capitaine Gerard a vu de grands troncs de bouleaux et la limite des forêts à 2200 t. Le petit bois et les broussailles, tels qu'on les trouve dans les *Paramos* des Cordillères et qui suffisent pour le chauffage des habitants de ces froides régions, montent jusqu'à 2650 t. (5164^{m}).

Il serait injuste de jeter des doutes sur la précision des résultats comparatifs des deux pentes, résultats si importants pour les lois de la distribution de la chaleur sur le globe. La précision qu'on a pu obtenir dans ces contrées alpines et éloignées de tout centre de civilisa-

[1] *Asiat. Res.* t. XVIII, p. 251.

[2] « From Shesar we descended upon soil and grass and the *limit of forest* we observed at 11800 feet : this is the general height of trees on the southern face of the Himalaya : on the northern slope which is better wooded, the trees extend higher. » Lloyd and Gerards, *Tours in the Himalaya*, t. II, p. 19.

tion, n'est certainement pas comparable, à l'exception de quelques points mesurés plusieurs fois, au degré de certitude hypsométrique qu'ont atteint, à l'aide du baromètre, Saussure et Deluc dans les Alpes, Ramond et d'Aubuisson dans les Pyrénées, mais lorsqu'on examine en détail et en ayant recours aux documents originaux, les travaux des voyageurs anglais, de Colebrooke, Webb, Herbert, Hodgson, William Lloyd, Alexandre et John Gerard, on obtient la conviction que pour tout ce qui concerne les grandes lois thermiques, les contrastes des climats et de la végétation, les éléments numériques déjà recueillis sont suffisamment exacts. Il ne s'agit pas, là où la nature se manifeste sur une vaste échelle d'étendue verticale ou de *soulèvements* gigantesques, de la question de savoir si les limites des neiges ou si la culture des céréales atteignent 50 ou 60 t. de plus que les chiffres n'en indiquent : il s'agit de grands phénomènes de la nature, de la différence de la hauteur des neiges sous l'équateur en Amérique et par les 30° $\frac{1}{2}$ et 32° de latitude dans les régions asiatiques, de la différence entre les deux pentes ou plutôt entre la pente indienne méridionale et les sommets nei-

geux qui sont superposés au plateau du Tubet et de la Tartarie. Ces contrastes atteignent des quantités qui excèdent toutes les limites d'erreur probable en réfléchissant sur les moyens employés. Les voyageurs anglais ont eu la candeur très-louable de rappeler celles de leurs mesures barométriques qui se fondent sur des observations correspondantes, et celles (malheureusement en plus grand nombre) qui en sont restées dépourvues[1]. Ils indiquent

[1] Voyez les explications données par le capitaine Alexandre Gerard dans une lettre déjà écrite en juin 1821, mais publiée très-récemment (en 1840) par M. George Lloyd. « There is some times a difference between my heights and those by captain Herbert of 300 or 400 feet (47 ou 62 t.). Herbert had no barometer, whilst I had two of Dollond's best construction. Herbert used the boiling point of water and in the trials made et Soobahtoo he found differences of 1° or 1° ½ Fahr. Besides Herbert hat no correspondent barometrical observation, whereas I always had at Soobahtoo or Kotgurh : but generally the differences with captain Herbert's heights are very little. » (Willam Lloyd's and Gerard's, *Tours*, t. II, p. 3.) Comparez sur les incertitudes hypsométriques, dans le voyage aux sources du Gange et du Jumna, un excellent mémoire du capitaine Hodgson dans les *Asiat. Res.* t. XIV, p. 66, 101, 127 et 150.

les différences entre les résultats barométriques et ceux qui sont tirés de la détermination du degré de l'ébullition de l'eau ; ils ajoutent souvent une comparaison détaillée entre plusieurs tubes de baromètre plus ou moins récemment purifiés d'air et de vapeurs. Nous les voyons occupés de ces soins dans les positions les plus pénibles. A dater des années 1817 et 1819, on a exécuté dans l'Inde des travaux dont un grand nombre est comparable à tout ce que, dans d'autres contrées hors de l'Europe, des physiciens voyageurs solidement instruits, ont offert de plus satisfaisant.

Aux anciens témoignages sur l'inégale élévation de la limite des neiges aux deux pentes de l'Himalaya on doit ajouter les assertions les plus récentes de Victor Jacquemont, du baron de Hügel, de M. Vigne et du docteur Lord. « Les neiges perpétuelles, dit le voyageur français dont la perte a été si généralement sentie, descendent plus bas sur la pente méridionale de l'Himalaya, que sur les pentes septentrionales, et leur limite s'élève constamment à mesure que l'on s'éloigne vers le nord de la chaîne qui borde l'Inde. Sur le col de Kionbrong (entre les rivières de Buspa et de

Shipke ou de Langzing Khampa) à 5581 mètres (2863 t.) de hauteur selon le capitaine Gerard[1], je me trouvai encore de beaucoup au-dessous de la limite des neiges perpétuelles dans cette partie de l'Himalaya (lat. 31°35′, long. 76°38′). Le lieu où j'étais placé était certainement un des plus favorables pour la détermination de cette limite. Il y avait des montagnes *neigées* assez voisines pour que je puisse apprécier leur médiocre hauteur au-dessus de ma station. Je crois pouvoir porter la hauteur des neiges permanentes dans cette région de l'Himalaya à 6000 mètres (3078 t.), lorsqu'en Amérique, sous l'équateur même, elle est, d'après M. de Humboldt, à 4800 mètres (2462 t.). Ce phénomène, il faut l'avouer, est aussi inexplicable[1] que les grandes courbures des lignes isothermes (?). La faible quantité de neige qui tombe chaque hiver (dans le plateau de la Tartarie chinoise) est sans doute une des raisons pourquoi les cimes qui n'excèdent pas 6000 mètres, s'en dégagent chaque été. L'excessive sécheresse de l'atmosphère dans toutes les saisons et l'impétuosité du vent desséchant

[1] En pieds angl. 18313. V. Lloyd, *Tours*, t. II, p. 113.

qui ne cesse de souffler, doivent aussi accélérer leur évaporation. Lorsque l'on ne connaissait encore que les observations faites par des voyageurs anglais sur les pentes *méridionales* ou indiennes de l'Himalaya, on expliquait la hauteur *surprenante*[1] de leurs neiges perpétuelles par l'immense courant du vent

[1] M. Jacquemont semble oublier que puisque les neiges perpétuelles sur le bord de la zone tropicale, au Mexique par exemple (lat. 19° $\frac{1}{4}$), commençent à 2350 t. d'élévation et dans les Pyrénées (lat. 42° $\frac{1}{2}$) à 1400 t. il ne pouvait paraître *surprenant* que par les 30° de latitude, sur la pente méridionale de l'Himalaya, la limite des neiges se trouvât, selon Webb, à 1954 t., selon Colebrooke à 2032 t., selon Gerard à 2080 t. A la pente méridionale de l'Himalaya, est-il dit dans mon second mémoire sur les montagnes de l'Inde, imprimé en 1820, les neiges commencent, *sinon exactement à* 3700 m. (1900 t.), *comme le faisait soupçonner l'analogie des mesures du Mexique, du Pic de Ténériffe, qui est dépourvu de neige perpétuelle, de la Sierra Nevada de Grenade et de la chaîne des Pyrénées, du moins à* 3800 *ou* 3850 *mètres* (1938 *ou* 1964 t.) *d'élévation au-dessus du niveau de la mer. Ce n'est qu'à la pente septentrionale que l'analogie semble en défaut de* 1074 *m.* (550 t.) *puisque les neiges y commencent à* 4900 *m. ou* 2515 *t.* (*Ann. de Chimie*, t. XIV, p. 50.)

chaud qui remonte du S. O. [1] contre elles, après avoir passé sur les basses régions de l'Inde. Quoi qu'il en soit de cette invasion méridionale de l'Himalaya par l'atmosphère échauffée des plaines pendant la mousson d'été (phénomène qui à mes yeux n'est rien moins que certain), les neiges perpétuelles atteignent une beaucoup plus grande élévation sur la pente septentrionale de l'Himalaya que vers le sud. Au nord il existe des cultures variées et des moissons assez belles à 13000 p. anglais (2032 t.) de hauteur absolue. Au sud de l'Himalaya, dans les vallées du Gange et de la Jumna et dans celles de leurs affluents, à peine les trouve-t-on à 10000 pieds ang. (1563 t.). Le trait dominant du climat de l'Asie centrale est son excessive sécheresse [2]. »

Ces considérations physiques de M. Victor Jacquemont, d'autant plus importantes qu'elles sont consignées dans un journal écrit sur les lieux mêmes, se trouvent confirmées par le ba-

[1] Comparez Elphinstone, *Cabul*, p. 130 et Vigne, *Travels in Kashmir*, t. II, p. 443.

[2] Jacquemont, *Corresp. pendant son voyage dans l'Inde*, 1833, t. I, p. 291, et *Voyage dans l'Inde pendant les années* 1828-1832, t. II, p. 298-300, t. II, p. 265.

ron de Hügel qui a fait un long et intéressant séjour dans la vallée de Kachmir. Il évalue dans le chaînon du Baramula qui borde la vallée à l'ouest, la hauteur des neiges perpétuelles à 2100 toises, et il rappelle avec beaucoup de justesse que l'absence des neiges est souvent l'effet de la sécheresse de l'air et de la trop grande rapidité des pentes[1].

[1] Carl von Hügel, *Kaschmir und das Reich der Siek*, t. I, p. 349; t. II, p. 161 et 182. Un passage (t. II, p. 182) évalue les neiges au nord-est de Kachmir à plus de 15000 p. angl. (2345 t.); les saxifrages et le genevrier de l'Himalaya atteignent cependant encore cette hauteur; mais vers l'O. N. O. et le S. O., dans le chaînon de Baramula et de Pir Panjal, à la pente indienne de l'Himalaya, la limite des neiges, selon de bonnes observations sur le point de l'ébullition de l'eau faites par M. de Hügel, doit être au-dessous de 2100 t.; car il trouve pour le maximum des sommets neigeux du Pir Panjal 14092 p. angl. (2203 t.), et pour le passage du Pir Panjal qui est au-dessous des neiges éternelles 12952 pieds anglais (2025 t.) Hügel, t. II, p. 155. A la page 161 du même tome, où il est question des neiges à la pente indienne, il y a sans doute erreur accidentelle de chiffres. Ce n'est pas à « 23000 p. (3594 t.) de hauteur que Jumnotri et Gangotri ont à peine des traces de neige pendant l'été. » Jumnotri n'a que 10483 pieds anglais (1638 t.), Gangotri a 10319 pieds anglais (1613 t.)

Presque au moment où l'on imprime ces dernières feuilles de mon livre, la publication du *Voyage à Kachmir, Ladak et Iscardo* par M. Vigne a jeté un nouveau jour sur une par-

d'élévation. *Asiat. Res.* t. XIV, p. 102 et 150. « The skies (in the district of Spiti) are so arid that little snow falls ever in winter and is only perennial in the loftiest spots. » (Alex. Gerard, dans les *Asiat. Res.* t. XVIII, p. 242) « Such is the drynes of the climate of Lataki (district of Ladak 11071 feet or 1730 toises) that the houses are built of brick, baked in the sun and being flat roofed, prove that no great quantity of snow can fall. » (Hodgson et Herbert, dans *Asiat. Res.* t. XIV, p. 329.) La rareté des neiges à de grandes hauteurs est aussi généralement remarquée dans les Alpes de la Suisse, comme nous l'avons déjà rappelé plus haut. « C'est un des faits les plus certains, dit M. Hugi (*Wesen der Gletscher*, 1842, § 32) que dans nos Alpes il ne tombe qu'une très-petite quantité de neige à dix ou douze mille pieds de hauteur. Il en tombe le plus à 7000 pieds, et à compter de cette hauteur moyenne (de 1170 t.) vers le haut ou vers le bas il s'en dépose moins. » Je ferai observer que cette hauteur du maximum des chutes de neiges est de 200 t. moindre que la limite des neiges perpétuelles dans les Alpes de la Suisse. Sur l'influence que la grande sécheresse de l'atmosphère en Asie exerce sur les mesures barométriques, voyez les considérations de M. Bessel, dans Schumacher, *Iahrbuch für* 1840, p. 44.

tie tout-à-fait inconnue du plateau du *Petit Tubet*. La grande carte qui accompagne cet excellent ouvrage nous offre pour la première fois la conformation du sol entre Kachmir (Sirinagur), Gilgit, Iscardo et le Lac Nubra Tsoh. C'est le revers oriental de l'immense nœud de montagnes, formant l'extrémité sud du Bolor et dont la pente occidentale donne naissance, entre les parallèles de 34° et 36°, aux trois chaînons parallèles de Sufeid-Koh, de l'Hindou-Kho méridional (Hindou-Kouch) et de l'Hindou-Kho septentrional (de la chaîne au nord de Chitral). L'intrépide voyageur, M. Vigne, croit la limite des neiges dans la chaîne de Pir Panjal qui sépare le bassin de Kachmir de celui du Pendjab, à moins de 13500 p. anglais[1] (2100 t.) de hauteur : mais dans le plateau élevé du *Tubet moyen*, surtout vers Nubra et

[1] C'est le maximum de hauteurs que M. Vigne assigne à la série de pics neigeux qui couronnent le Pir Panjal et qu'il dit être de formation basaltique (?) et amygdaloïde (*chichuk deyu, la petite vérole du diable!*) *Travels in Kashmir*, 1842, t. I, p. 237-293; Jacquemont, *Voyage*, t. III, p. 226. Cette détermination de la limite des neiges de M. Vigne s'accorde avec la hauteur de 12952 pieds anglais (2022 t.) que le baron de Hügel donne au

la rivière Chayouk (Shaï-Yok), au nord de Ladak, il trouve[1] les neiges perpétuelles élevées de 15000 à 16000 pieds anglais (2345-2500 t.). Voilà donc encore une différence de trois à quatre cents toises entre les pentes indienne et tubétaine de l'Himalaya, non d'après des mesures directes, mais d'après des évaluations approximatives. Il est utile de faire remarquer de nouveau à cette occasion que le bassin de Kachmir dont le fond, près de la capitale et du Lac Wulur, n'a que 836 t. de hauteur absolue[2] appartient, quoique enclavé isolément par des branches de l'Himalaya, à la pente *méridionale* du soulèvement princi-

passage de Pir Panjal souvent libre de neige. Ce dernier nous apprend aussi qu'au Raton Panjal, qui s'élève au N. O. de Tricota, il n'y a pas de neige perpétuelle à la hauteur de 1814 t. (Hügel, *Kaschmir*, t. II, p. 154 et 162.) Le passage du Pir Panjal entre Ilhabad et Hyderabad, auquel Victor Jacquemont (t. III, p. 169 et 199) ne donne, « d'après une bonne observation barométrique, » que 1376 toises, ne doit pas être confondu avec celui dont parlent M. Vigne et le baron de Hügel.

[1] Vigne, t. II, p. 358 et 364.

[2] C'est la mesure de Jacquemont, inférieure de 74 t. à celle de M. Charles de Hügel. Comparez Vic. Jacque-

pal. Ce soulèvement, la grande Cordillère de l'Himalaya, se dirige, depuis les sources du Chunab et Zanskar, S. E.-N. O. par les Pics de Mer et Ser (Pics *noir* et *blanc*), vers le cône basaltique d'Haramuk et le colosse de Diarmul ou Nun a Purbet qu'on croit de plus de 2900 t. d'élévation. C'est donc au N. E. que la chaîne principale de l'Himalaya borde la vallée de Kachmir sous la dénomination de Tubet Panjal : à l'est de la capitale (Sirinagur) le passage Paien-i-Kolat, célèbre jadis parmi les géographes sous le nom de *Kantal*, fait partie de cette chaîne principale. Tout ce qui est au-delà vers le plateau de Deotsuh [1] (2032 t.), vers le Haut-Indus, vers Iscardo (985 t.), Leh (1563 t.), les plaines [2] de Ladak (2100 t.), la chaîne de Kara-Kurum [3] et le lac de Nubra Tsoh appartient au plateau du Tubet et de la Tartarie chinoise ; c'est-à-dire à la région entre

mont, *Correspond.* t. II, p. 58 et 74. Hügel, t. II, p. 155. Le lieut. Cunningham (*Bengal Engeneers*) ne trouve que 790 t. *Journ. of the Bengal Soc.* 1841, n° CX, p. 114.

[1] Vigne, t. II, p. 229, 393 et 461.

[2] T. II, p. 260 et 341.

[3] T. II, p. 361 et 364.

l'Himalaya et la grande chaîne du Kouen-lun [1]. Il est important de préciser la différence de ces pentes opposées.

Une assertion du docteur Lord sur les contrastes hypsométriques de la hauteur relative des neiges aux deux pentes de l'Himalaya et de l'Hindou-Kho, assertion dont j'ai déjà fait mention plus haut [2], a donné lieu en 1840, dans l'Inde même, à un débat qui remet en controverse ce que l'on avait admis pendant longtemps comme un axiome de Géographie physique. Le docteur Lord, étonné de voir commencer les neiges si tard à la déclivité méridionale de l'Hindou-Kho, a donné pour motif de sa surprise « l'opinion généralement admise que dans l'Himalaya les neiges descendent 4000 p. angl. (625 t.) de plus vers le sud que vers le nord [3]. » L'adversaire de Lord, le lieutenant Hutton, après avoir fait en 1838 un

[1] C'est cette grande chaîne du Kouen-lun qui, dans la belle carte de Walker qui accompagne l'ouvrage de M. Vigne, porte (lat. 36°, long, 71°-75°) le nom *Mustak* (proprement *Mouz-tagh* ou montagne de glace).

[2] T. II, pag. 436.

[3] *Journ. of the Asiat. Soc. of Beng.* June 1838, p. 522 et 527. La différence de 625 t. fait croire que M. Lord

voyage intéressant à Kunawur, Hungrung et Spiti, rapporte que dans un plateau près de Hungrung, habité par des Tartares sujets de Bussaher, plateau dépourvu de neige et couvert de graminées, de potentilles et de rhubarbe, il a vu paître des troupeaux à 16000 p. angl. (2500 t.) d'élévation, mais que dans les passages de Sungnum, Runung, Hungrung et Spiti (« contrary to the usual belief against the long received opinion that the snow lies deepist on the southern face ») le revers septentrional de la chaîne était couvert à une moindre élévation que celui du sud [1].

Lorsqu'on examine la configuration du sol dans la région visitée par ce voyageur instruit, entre la rivière de Spiti, Nako et Sungnum, on comprend que dans cette discussion il n'est

adopte à peu près mes anciennes données de 1950 et 2600 t.

[1] *Thomas Hutton, Lieut. 37th Reg. n. 1. Assistant Surveyor to the Agra Division*, dans *Journ. of the Asiat. Soc.* (Calcutta, 1840), n° CII, p. 575, 578 et 580. Plusieurs des hauteurs qu'il indique n'ont été mesurées ni à l'aide du baromètre, ni par le moyen de l'ébullition de l'eau ; elles ont été simplement conclues de distances itinéraires et d'inclinaisons comparatives des pentes.

pas question d'un contraste entre deux pentes de la chaîne de l'Himalaya opposée au Tubet et aux plaines de l'Inde, mais plutôt d'une contrée de l'intérieur plus septentrionale (lat. 31° $\frac{5}{4}$), en dedans du groupe alpin où les pentes septentrionales mêmes reçoivent les influences de la profonde crevasse du Sutledge (Ssetledg, Ssatadru, Hesudrus)[1]. Or le fond de cette crevasse est à peine élevé, comme nous le verrons bientôt, de douze ou quatorze cents toises au-dessus du niveau de la mer. C'est une région qui n'atteint que les petites hauteurs des bassins de Mexico ou de Bogota; ce ne sont pas des plateaux de 2000 ou 2500 toises, contigus à la pente septentrionale de la chaîne et capable d'agir par leur étendue et leur masse.

Une partie des doutes élevés récemment par M. Hutton se trouvent énoncés dans une

[1] La crevasse est formée par le Sutledge (Langzing Khampa) venant de l'est du Lac Ravana-hrada et par les affluents du nord et de l'ouest, les rivières Parati et Spiti ou Mucksung. Le lieutenant Hutton émet d'ailleurs ses doutes sur les neiges perpétuelles avec beaucoup de retenue. « To the *usual belief* I shall oppose the few facts which fell under my limited observation during my journey into Tartary. »

lettre intéressante de M. John Gerard, frère du capitaine, écrite avec beaucoup d'abandon, il y a vingt ans, au bord du Lac Charamai[1] à la hauteur absolue de 2157 t. (4205^{m}), adressée à un ami, M. George Lloyd, et publiée pour la première fois en 1840. John Gerard, médecin, avait accompagné Sir Alexander Burnes à Bokhara, et après avoir été longtemps malade à Meched et à Hérat, il mourut à Soubahtou (657 t.), après avoir terminé une carte du pays entre Hérat et l'Indus, de 10 p. de long sur 3 de large, échelle de 5 milles angl. le pouce. La lettre porte l'inscription de : « Excursion faite aux passages de Shatoul et Bourendo, dans le but de déterminer la hauteur des neiges perpétuelles à la pente méridionale de l'Himalaya. » Malheureusement cette lettre, riche en faits météorologiques épars, n'a pas atteint son but. L'auteur confond les chutes de neiges sporadiques, les grands refroidissements qu'éprouve le plateau de la Tartarie chinoise pendant l'hiver avec la véritable limite des neiges per-

[1] Source du Pabur, lat. 30° 24′, long. 75° 40′ au sud du *Bourendo Pass*, à la pente méridionale de l'Himalaya.

pétuelles, c'est-à-dire le maximum auquel la ligne des neiges se soutient pendant l'été. De plus le voyageur avoue avec candeur, à la fin de son mémoire, « Hitherto (au mois d'août) I have not observed *any line of perpetual snow*, so that it is still a desideratum *where it actually occurs* [1] ».—« Les lignes isothermes, dit M. Gerard, sont positivement au même niveau dans l'Himalaya et dans les montagnes de Tartarie. Il gèle en Tartarie à une moindre hauteur que du côté de l'Inde à la pente méridionale. Il y tombe de la neige à la même élévation [2]. » Sans doute les lignes isothermes dépendant de la température de l'année entière, pourraient être les mêmes sur le plateau et à la pente sud, sans qu'il s'en suive que les courbes isothères, les seules dont dépend la hauteur des neiges perpétuelles, soient les mêmes. La conclusion générale à laquelle l'auteur arrive en réunissant un petit nombre de faits est celle « que les neiges sont de 500 pieds angl. (78 toises!) moins élevées au nord

[1] John Gerard, dans *Tours in the Himalaya by Lloyd and Gerards*, t. I, p. 341.

[2] T. I, p. 312.

qu'au sud, » mais tout en énonçant cette petite différence (sans doute bien incertaine par la complication des erreurs du calcul hypsométrique, de l'oscillation de la limite des neiges comme effet des saisons, de la rapidité des pentes et de la sécheresse inégale de l'air), M. John Gerard ajoute prudemment qu'il ne mentionne que « the northern aspect *not the Tartaric*[1]. » Il paraît qu'en écrivant ces mots,

[1] « In Asia in lat. 30° ½ the line of perpetual snow is fixable at 15000 feet (2345 t.) on the southern or Indian aspect of the Himalaya mountains, and on the northern (*not the Tartaric*) at 14500 feet (2266 t.), *but there are so many conflicting conditions of the question, that no precise boundary can be assigned without explanation.* » (T. I, p. 327.) Cette conclusion finale est d'un physicien voyageur expérimenté. Déjà M. Ramond a fait remarquer combien partout dans la zone tempérée, même là où la conformation du sol est plus uniforme, par exemple dans les Pyrénées, les neiges offrent d'anomalies qui disparaîtraient si on pouvait les étudier une à une sur les lieux pendant un grand nombre d'années. M. John Gerard a vu entièrement dépourvu de neiges (« quite black and dreary ») le mont Hans Bussum. Il est situé près de l'endroit où le Sutledge se fraye un chemin à travers la chaîne (« it is the last pinnacle of the Himalaya before it is broken by the Sutledg »); il n'existe pas de mesure directe du Hans Bussum, mais Gerard le

l'auteur a voulu distinguer entre les pentes des chaînons dans l'intérieur de l'Himalaya, au milieu de leurs agroupements confus, et les montagnes qui s'élancent du plateau même. Admettant que les *Lacs Sacrés* Manasa et Ravana-hrada ont une hauteur absolue de 17000 pieds angl. (2657 t.), ce qui est de deux ou trois mille pieds de trop, il finit par assigner lui-même à la limite des neiges perpétuelles [1],

croit élevé de 2735 toises (17500 feet), ce qui est 275 t. de plus que la cime du Mont Blanc. (T. I, p. 291, 324 et 328.) Quelle peut être la cause d'un phénomène local si extraordinaire?

[1] M. Moorcroft had his tent covered with snow two inches deep when close to Mansarowur, and on the surface of ground snow lay in greater quantities; and if his elevation was 17000 feet (Burnes adopte le même chiffre, t. III, p. 207), we have clear evidence that the climate of the table-land, notwithstanding the increased heat from the reverberation of a bright sun, is equally as cold as in the regions of eternal snow in the Himalayan chain, *although the country of the former exhibiti no perpetual snow, except at heights of* 18000 *and* 19000 *feet.* (T. I, p. 319). Je pense que, en réduisant le niveau des *Lacs Sacrés* à Daba, ce niveau ne dépasse pas beaucoup la hauteur du Mont Blanc. Le capitaine Webb, bien plus accoutumé à des combinaisons approximatives de hauteurs que Moorcroft, assigne au Lac Ravana-hrada

dans le *table-land tubétain*, la grande élévation de 18000 à 19000 pieds angl. (2815-2971 t.), ce qui est bien différent des 15000 p. anglais (2345 t.) attribués plus haut par le même écrivain au *southern aspect* de l'Hymalaya.

La *hauteur moyenne du plateau tubétain* a été singulièrement exagérée jusqu'ici. Si l'on examine avec attention l'ensemble des rapports que nous possédons sur les trois Tubets, (le *supérieur* ou de H'Lassa, le *moyen*, ou de Ladakh, et le *petit*[1] ou d'Iscardo), on reconnaît que cette région, entre les chaînes de l'Himalaya et du Kouen-lun, bien loin d'être un plateau continu, se trouve interrompu par des

15000 pieds (2345 t.). Voyez *Edinb. Journ.* 1825, janv. p. 18 : cependant cette évaluation ne se fonde aussi que sur l'estimation de la hauteur et de la déclivité du Taklacot Pass. (Ritter, *Asien*, T. II, p. 528.) Il est remarquable qu'en pali le Lac Ravana-hrada s'appelle *Anavatatta*, expression analogue au sanscrit *Anavatapta*, signifiant « lac (alpin, de climat brumeux) qui n'est pas éclairé ou échauffé par les rayons du soleil. » *Foe-koue-ki*, chap. VII, p. 37.

[1] Le *Petit Tubet* ou Bultistan (Baltistan) porte aussi le nom *Suri-Butan*, c'est-à-dire le Tubet des abricots. (Vigne, *Travels in Kashmir*, t. II, p. 248 et 301.)

agroupements et des chaînons de montagnes dont plusieurs, par leurs directions variées, appartiennent à *différents systèmes de soulèvement*[1]. Il y a très-peu de véritables plaines; les plus considérables sont celles entre Gertope, Daba et Shipke décrites par Moorcroft et Herbert; le plateau des *Lacs Sacrés*, déjà vu par le Père Andrada (probablement 2350 t.); les hautes plaines de Leh ou Ladakh[2] (13000 à 14000 pieds anglais ou 2100 t.); enfin la plaine granitique de Deotsuh[3] (selon M. Vi-

[1] « On the eastern side of the valley of Kashmir towards Tibet, the prospect is entirely of mountain-tops *rising like the waves of a vast ocean*, without a single object that presents the idea of a level spot of ground.— At the pass near Ayu the whole horizon on the other side of the Shy-Yok or river from the Nubra Tsoh was, as usual, serrated by mountain-tops in every direction. » (Vigne, t. I, p. 353; t. II, p. 358.)

[2] Il faut distinguer entre ces plaines (de 2032 à 2188 t.) et la ville même de Leh dont la hauteur déterminée par le degré de l'ébullition de l'eau n'a été trouvée que de 10000 pieds angl. (1563 t.). Comparez Vigne, t. II, p. 341 et 444.

[3] Encore une mesure par ébullition. Vigne, t. II, p. 229. Dans la note sur la géographie des plantes annexée au même ouvrage (p. 461) il y a par erreur

gne du 1873 t.), entre Kachmir et Iscardo, par lat. 35° ½. Les villages de la Tartarie chinoise placés aux plus grandes hauteurs sur le plateau de Pinou, n'ont, selon M. Lloyd[1], que 1900 t. d'élévation absolue. De même qu'on a exagéré longtemps l'évaluation des températures de l'Egypte ou du Sénégal, en confondant les résultats *moyens* avec les indications des extrêmes *maxima*, on s'est fait illusion aussi sur la hauteur *moyenne* des plateaux de la Tartarie chinoise et du Tubet en confondant avec des plaines d'une certaine étendue les mesures des *passages* ou des *pics*. Si les plateaux

13000 feet (2032 t.). « Deotsuh forms one of the principal features of that region. It is high above the forest line or birch region and tenanted only by the tibetian marmot. » M. Vigne pense que près des rives du Basha dans le Petit Tubet, ces mêmes marmottes, fouillant encore aujourd'hui des sables aurifères, sont les « fourmis qui recueillent l'or » dont parle Hérodote. (T. II, p. 287.)

[1] *Tours in the Himalaya*, t. II, p. 250. Aussi le grand plateau de Bekhur (Békoeur) semé d'ammonites, a plus de 2560 t. de hauteur, tandis que le village de Bekhur n'atteint que 1845 t. (Victor Jacquemont, t. II, p. 311 et 314.) Lari a 1690 t.

les plus élevés que nous venons de citer oscillent entre 1900 et 2400 toises, il y a aussi dans le même pays, surtout le long des grandes rivières et de leurs affluents, mais toujours *au nord* de la chaîne de l'Himalaya, beaucoup d'endroits bien mesurés qui atteignent à peine la hauteur de Queretaro (995 t.), de Mexico (1168 t.), de Bogotà (1365 t.) ou de Quito (1492 t.). Voici le tableau de ces basses régions du Tubet et de la Tartarie chinoise entre les 31° $\frac{1}{2}$ et 35° $\frac{1}{4}$ de latitude. Pour ne pas altérer trop arbitrairement les chiffres, j'ai traduit en dizaines de toises les pieds anglais dans des hauteurs que le capitaine Gerard et M. Vigne n'ont pu évaluer le plus souvent qu'approximativement à 500 ou 600 pieds près.

Puari (lat. 31° 34), sur le Sutledge, au N. O. du Pic Balding 963 toises.

Iscardo (lat. 35° 10', dans le Petit Tubet), 985 t. (6300 feet) Vigne, t. II, p. 260.

Confluent du *Sutledge* et du *Spiti*, 1252 t.

Pangi, avec des vignobles, 1430 t.

Bords du *Sutledge*, près de Pangi, 1049 t.

Kunawur, 1330 t.

Dabling, 1455 t. } Culture de raisin.
Kanum, 1406 t. } Asiat. Res. t. XIV, p. 338.
Duras, 1407 t. } Vigne, t. II, p. 393. Lloyd, t. II, p. 1.
Kelou, 1360 t. }

Sungnum, 1430 t. (Hutton, p. 578.) Vignobles pas au-dessus de 1600 t. (Jacquemont, t. I, p. 416.)

Murung, 1330 t. (8500 feet). Climat très-tempéré. (Lloyd, t. II, p. 88.)

Lipe (district de Zhungram), 1360 t. Vignobles. (Lloyd, t. II, p. 265.)

Cavi, 1507 t.

Shipke, 1657 t. ou 10600 feet. (Alex. Gerard, dans Lloyd, t. II, p. 152.) Le tableau hypsométrique de Herbert et de Hodgson, n° 87, donne aussi 1634 t. Un peu au N. O. de Shipke s'élève le Mont Tarhigang (3547 t.) sur lequel le capitaine Gerard, muni de 7 baromètres dont 3 furent brisés, a atteint la grande hauteur de 19411 p. angl. (3035 t.). Voyez Colebrooke dans *Trans. of the Geol. Soc.* t. VI, p. 411, et surtout *Critical Researches on Philology*, 1824, p. 144.

Numgea (district de Bisahir), 1454 t. (Lloyd, t. II, p. 152). mais Herbert donne 1308 t. dans le tableau hypsométrique n° 198.

Saungla, sur le Baspa, affluent du Sutledge, 1332 t. (*Tabl. hyps.* de Herbert n° 89.)

H'Lassa ou Yul-sung (lat. 29° 40'), non encore mesuré. Température moyenne d'octobre 5°,7, ce qui m'avait fait croire jadis (*Lignes isothermes*, p. 135) que la hauteur de H'Lassa n'était pas au-dessus de 1500 t. Dans l'excellent ouvrage de M. Zimmermann (*Analyse der Carte von Inner-Asien*, p. 86) il y a par erreur typographique 360 t. On vante les vignobles et la douceur du climat de la plaine de H'Lassa que les auteurs chinois appellent « un royaume de la joie. »

Leh, chef-lieu du Ladak (lat. 34°10' selon M. Trebeck), 1563 t. (Vigne, t. II, p. 341.) Selon le journal de Mir Isset Ullah, le coton est cultivé au sud-est du plateau aride de Deotsuh, entre Leh et Draus (Dirias, Duras), par lat. 34° $\frac{1}{4}$. (Zimmermann, p. 98.)

D'après l'ensemble de ces renseignements hypsométriques réunis avec beaucoup de soin, je crois pouvoir énoncer de nouveau l'opinion que le plateau du Tubet entre les 71° et 83° de longitude, n'atteint pas la *hauteur moyenne* de 1800 t. ce qui est à peine la hauteur de la plaine fertile de Caxamarca au Pérou, et 200 toises de moins que le grand plateau du Lac de Titicaca et le pavé des rues de la ville de Potosi. Je ne désigne ici que la partie des trois Tubets comprise entre la chaîne méridionale du Bolor et le cours du grand fleuve Yarou-Dzangbo-Tchou regardé jadis comme identique avec le Bourampouter (Brahma poutra) et dont le grand coude (inclinaison vers le sud) ne commence que par les 92° et 93° de longitude. Tout ce qui est à l'est du méridien de la chaîne Ghiang-ri est hypsométriquement inconnu. L'axe de grand soulèvement du plateau tubétain est dirigé S. E.-N. O. et c'est entre les sources du Sutledge et du Yarou-Dzangbo-Tchou, presque dans le méridien des *Lacs Sacrés*, qu'est située la principale arête de partage des eaux. Le groupe colossal des Monts Kenlasse [1] ou *Kylas*, le *Kentaisse*

[1] Kailasa, au nord du couvent lamaïque Durchun

du Major Rennel et de tous les géographes du 18e siècle, se trouve placé sur cette arête.

Il est à désirer que parmi le nombre d'officiers très-instruits qui sont employés annuellement dans l'Inde, il s'en trouve qui aient l'ardeur et le loisir de rectifier de nouveau et par des mesures bien précises *dont tout le détail hypsométrique soit publié*, ce qui reste de douteux sur la hauteur comparative des deux pentes de l'Himalaya, sur l'influence de réverbération du plateau tubétain et sur celle que l'on suppose au courant ascendant de l'air

(long. 78° 20') Klaproth, *Mém. relatifs à l'Asie*, t. III, p. 385. Lloyd, t. II, p. 185. Il ne faut pas confondre ce Kailasa des Lacs Sacrés avec celui qui s'élève au sud de Murung, 3° à l'ouest des Lacs Sacrés et dont M. Victor Jacquemont a donné une coupe très-pittoresque. (*Voyage dans l'Inde*, planche 43.) Le nom *Kailasa* étant significatif, tenant à la racine sanscrite *kil* (froid), plusieurs sommets portent ce nom qui est tout aussi vague que celui de *Sierra Nevada* dans l'Amérique espagnole. C'est au nord du groupe Kailasa des Lacs Sacrés et dans une chaîne qui se dirige au nord de Leh et du Haut-Indus, vers le soulèvement *méridional* du Paralassa que les frères Gerard *supposent* des pics de 30000 pieds angl. (4692 t.) d'élévation, et excédant par conséquent le Dhawalaghiri de plus de 300 toises.

chaud des plaines de l'Inde. C'est un travail à recommencer. M. Mac Clelland, dans un ouvrage géologique sur le Kemaoun, semble admettre que ce courant ascendant puisse compenser le rayonnement estival des hautes plaines[1] tubétaines, mais on peut être incertain si la loi des changements de capacité qu'éprouve l'air en s'élevant, permet d'admettre des influences calorifiantes bien considérables à la pente méridionale de l'Himalaya jusqu'à la grande hauteur de deux mille toises au-dessus du niveau de l'Océan.

Récapitulation.

Himalaya. Pente indienne, 2030 toises. (3956m).
Pente tubétaine, 2600 toises. (5067m).

Dans la chaîne de l'Hindou-Kho (lat. 34° ½), près de Bamian, la limite des neiges a été éva-

[1] *Geological Inquiries in the Prov. of Kemaon* (Calcutta), 1835, p. 198. M. Kämtz, dans son dernier ouvrage de Météorologie (*Vorlesungen über Meteorologie*, 1840, p. 265), assigne au contraire aux moussons du S. O. qui soufflent *de la mer* contre la déclivité méridionale de l'Himalaya une température beaucoup plus *basse* que celle qu'amènent les *vents de terre* (vents venant du centre de l'Asie) vers la déclivité boréale.

luée par Sir Alexander Burnes[1] à 13000 pieds angl. ou 2032 toises de hauteur, ce qui s'accorde bien avec la pente méridionale de l'Himalaya. Le voyage pénible que M. Taylor Thomson a fait en 1837 à la cime du volcan de Demavend (lat. 35°55′), au nord-ouest de Teheran, dans la chaîne de l'Elbrouz ou *Taurus Persan* (continuation du Kouen-lun et Hindou-Kho), n'a malheureusement rien ajouté à notre connaissance sur la limite des neiges au sud de la Caspienne. Le baromètre n'a pas été observé lorsqu'au-delà de Germah on parvint à la région des neiges. Il me reste d'ailleurs aussi quelques doutes sur la hauteur totale du volcan persan au-dessus du niveau de la mer. M. Ainsworth lui donne 14700 pieds angl. (2298 t.); mais en calculant de nouveau[2]

[1] T. II, p. 241.

[2] Le nouveau calcul a été fait en supposant avec M. Ainsworth 30,1 pouces anglais (764,29 millimètres) pour le niveau de l'Océan, et 15,05 pouces anglais pour la cime. Comme en calculant de nouveau les sept stations de Lavassen à Teheran, six s'accordent, à quelques centaines de pieds près, avec les hauteurs indiquées dans le Journal, et qu'une seule diffère de près de 5000 p. anglais, on peut croire qu'il y a erreur de chiffres dans la

avec soin les hauteurs barométriques telles qu'elles se trouvent publiées dans le *Journ. of the Royal Geogr. Soc. of London*, v. VIII (1838), p. 112, on trouve pour la caverne de soufre près du sommet 19609 p. angl. (3066 t.).

Zone tempérée par lat. 33 sud. — Dans la partie centrale du Chili, dans l'hémisphère austral, au passage de la Cordillère du Portillo, et à la pente du Volcan de Peuquenes, le doc-

hauteur du mercure à la cime du Demavend. Si l'on fait d'autres suppositions mieux fondées sur la hauteur du baromètre au niveau de l'*Océan*, on obtient, selon les tables d'Oltmanns, encore 18644 p. angl. (2914 t.), et selon les tables de Gauss, 18650 pieds angl. (2917 t.) ce qui diffère toujours beaucoup de 2298 t. La chaîne qui traverse presque l'Asie entière depuis le Taurus de l'Asie mineure jusqu'en Chine, se relève puissamment vers la Mer Caspienne : il serait donc d'un grand intérêt géologique de vérifier la hauteur du Demavend. M. Ainsworth ne dit pas si ses hauteurs du baromètre au niveau de la mer sont réduites à zéro. *In our own latitudes*, ajoute-t-il, *the mean is* 29,6 *inches*, ou 751,6 millimètres. Ce serait là une température bien *au-dessous* de zéro, car au Havre et à Marseille les moyennes réduites à zéro de température sont 760,85 et 761,61 millimètres !

teur Gillies a trouvé la limite des neiges perpétuelles (*Edinb. Journ. of Nat. Science*, août 1830, p. 316) entre 2266 et 2345 t. (14500 et 15000 pieds angl.), hauteur immense qui rappelle celle de l'Himalaya à la latitude de 30° à 31° nord, et s'explique par les mêmes circonstances de sécheresse atmosphérique et de transparence de l'air qui, à Bolivia, font remonter la ligne des neiges, par 15° et 18° de latitude, à 2500 et 2800 t. (Comparez les judicieuses remarques de M. Darwin dans son *Journal*, p. 297.) Ce physicien distingué pense que dans la partie centrale du Chili l'*évaporation* de la neige même, par un air très-sec et un ciel constamment sans nuage pendant l'été, contribue singulièrement à la disparition des neiges. Il cite l'exemple du Volcan d'Aconcagua (lat. 32° ½) au N. E. de Valparaiso, qu'une fois on a vu entièrement dépourvu de neiges, quoique ce colosse, mesuré par les officiers de l'expédition du *Beagle*, ait 23000 pieds angl. (3594 t.) d'élévation ! Je dois rappeler à cette occasion que si dans les montagnes de schiste micacé, des rochers situés dans la région des neiges en restent quelquefois dépourvus par la communication qu'offrent perpétuellement les

fentes ouvertes avec de l'air intérieur de la croûte du globe, l'action instantanée du feu volcanique sur les parois épaisses des cônes contribue aussi à la fonte des neiges. Cela s'est vu aux volcans de Cotopaxi et de Tungurahua qui se sont présentés tout noirs dans certaines éruptions. « Falta de nieve indica la picardia del cerro. » L'absence des neiges indique quelque malice de la montagne, disent les habitants de la région volcanique de Quito lorsqu'ils parlent de volcans encore actifs.

Zone tempérée de 37° ½ à 43° nord. — Dans la chaîne *méridienne* du Bolor, près du Las Sir-i-kol (Lac Victoria), par 37° ½ de latitude, les neiges ne commencent [1], selon le lieutenant Wood, qu'à 17000 pieds anglais (2657 t.) de hauteur. Ne doit-on pas admettre que cette grande élévation de la limite des neiges est l'effet du plateau de Pamir qui agit sur le Bolor comme le plateau tubétain agit sur une des pentes de l'Himalaya. En avançant

[1] Voyez plus haut, t. II, p. 399.

dans l'Asie *occidentale* progressivement vers le nord, nous trouvons les neiges :

a) Dans l'Asie mineure au Mont Argæus (Anjish Tagh), par 38° 33′ de latitude, à la hauteur de 1674 t.[1] (3262^{m}), limite bien basse en la comparant à celle du Caucase. La hauteur totale de l'Argæus est de 2064 t. (Mesures boromètrique et trigonométrique de M. William John Hamilton.)

b) A l'*Ararat*, par 39° 42′ de latitude, à la hauteur de 2216 t. (4318^{m}). M. Parrot attribue cette prodigieuse hauteur de la limite des neiges de l'Ararat à l'isolement de la montagne et à l'excessive chaleur qui règne dans les plaines environnantes jusqu'à la fin du mois de septembre[2]. De cette bande de neiges bien tranchée, à 2216 t. de hauteur, descendent dans le creux de tous les vallons qui sillonnent la pente de l'ancien volcan, des stries ou *rameaux* de neige jusqu'à 1950 ou 1970 t.

[1] *Proced. of the Geogr. Soc.* 1838, vol. II, n° 56, p. 653.

[2] *Reise zum Ararat*, t. I, p. 185-188.

d'élévation absolue. M. Parrot dit tout exprès que ce ne sont pas des *glaciers*. Encore à 1950 t. (3800^{m}) les neiges perpétuelles de l'Ararat offriraient un contraste singulier avec l'Argæus. La hauteur totale[1] du Grand Ararat est, selon la mesure barométrique de M. Parrot 2709 t., selon la mesure trigonométrique de M. Fedorow (beaucoup plus certaine) 2676 t.

c) A l'*Elbrouz*, dans la chaîne du Caucase, par 43° 21′ de latitude, à 1727 t. (3366^{m}) de hauteur, selon une mesure barométrique de M. Kupffer[2]. Il est probable que le grand changement qu'a subi la mesure de la hauteur totale du pic oriental de l'Elbrouz que l'on avait évaluée en 1829 à 2577 t. (5024^{m}) et que MM. Fuss, Sawitsch et Sabler ont trouvé trigonométriquement en 1837, de 2892 t. (5637^{m}) n'altère pas le résultat de la hauteur des neiges éternelles. M. Lenz n'avait pu porter le baromètre, en montant vers la cime, que jusqu'à 2470 t.

[1] Parrot, t. II, p. 44 et 162.

[2] *Voyage dans les environs du Mont Elbrouz*, p. 125. MM. Parrot et Engelhardt (*Reise*, t. II, p. 113) avaient évalué la limite de neiges de l'Elbrouz à 1688 t.

Au Kasbek ou Mquinvari, dont la hauteur totale d'après M. Fuss est de 2585 t., M. Dubois, dans ses profils géologiques du Caucase place les neiges à 1660 t. (3235^{m}).

d) Dans la chaîne des Pyrénées (lat. 42° $\frac{1}{2}$ à 43°), à 1400 t. (2728^{m}) de hauteur. Ramond avait trouvé au Pic du Midi 1506 t., au Pic Long 1450 t.; à Neuvielle, 1375 t. Le plus souvent la déclivité méridionale des Pyrénées offre les neiges à une plus grande hauteur que la déclivité septentrionale. M. Parrot a fixé à Maladetta dont le sommet a été atteint cette année par M. Platon de Tchihatcheff, la limite nord à 1376 t. la limite sud à 1563 t. *Dorpater Naturwissenschaftliche Abh.* t. I, p. 228.

Zone tempérée de 41 à 43° sud. — Dans la Cordillère des Andes du Chili, au sud de Valdivia, entre les 41° et 44° de latitude australe, la limite des neiges, selon les observations de MM. King, Darwin et Douglas, descend jusqu'à la hauteur moyenne de 940 t. (1832^{m}). Les points culminants des Andes vis-à-vis de l'Ile de Chiloë et de l'Archipel

des Huaytecas, sont assez semblables en hauteur et atteignent à peine l'élévation du Mont Vellino des Apennins ou de l'Athos en Grèce. On y trouve du nord au sud les volcans d'Osorno appelés aussi Purvaraque ou Hueñanca (1180 t.), de Minchinmadiva (1104 t.), du Corcovado (1164 t.) et de l'Yntales ou Yanteles (1051 t.), tous couverts de neige au commencement de février qui correspond au mois d'août dans notre hémisphère. Une cime au sud du Volcan d'Osorno qui n'avait que 874 t. était couverte de neiges perpétuelles, et M. King a même trouvé au Corcovado, par une opération trigonométrique moins certaine que ses autres mesures, la ligne très-tranchée et horizontale des neiges à 700 t. (1364^{m}). En nous arrêtant avec M. Darwin [1] à la moyenne de 940 t., on voit que dans cette partie des Andes du Chili qui est la plus australe et aussi la plus rapprochée du littoral, par des étés constamment brumeux et froids, les neiges perpétuelles descendent *presque deux fois plus bas* qu'à la même latitude dans l'hémisphère boréal au Caucase en Asie.

[1] Darwin, *Journal* p. 275.

Zone tempérée de 45° à 57° nord. — La limite s'élève :

a) Dans la chaîne des *Alpes* de la Suisse (lat. 45° $\frac{5}{4}$ à 46°) à 1390 toises[1] (2708^{m}). Les Carpathes dont la hauteur absolue, même dans le Tartra et Pic de Lomniz, atteint à peine 1340 t., n'entrent pas, malgré leur latitude assez boréale de 49°, dans la ligne des neiges permanentes[2].

b) Dans la chaîne de l'*Altaï* (lat. 49 $\frac{1}{4}$ à 51°), à 1100 t. (2144^{m}) selon MM. de Ledebour et Bunge[3].

c) Dans l'Ile d'*Ounalachka*, une des Iles Aléoutiennes, au Volcan de Makouchinsk

[1] Comparez Saussure, *Voyage*, t. IV, p. 154, § 944. Wahlenberg, *De veget. et climate Helv.* p. XLIV, Schouw, *Tidsskrift for Naturvid.* t. I, p. 101. Hallström, *De Termino atmosph. terrestri nivali*, Aboæ, 1828, p. 17.

[2] Voyez la discussion des observations de Wahlenberg (*Flora Carpath*, p. LXXII), par M. Kämtz, dans son *Lehrbuch der Meteor.* t. II, p. 171.

[3] Au plateau du Korgon, et aux Alpes de Bachalkz, la limite des neiges était 1120 t. tandis qu'à Riddersk, dans des ravins, les neiges se conservaient à 920 t. de hauteur. Ledebour, *Reise*, t. I, p. 350. La culture des céréales monte à Fykalka à 700 t.

(lat. 53° 44′), à 550 t. (1070^{m}) de hauteur, selon la mesure de l'amiral Lütke [1]. L'île d'Akoutan (lat. 54° 15′) était sans neiges à la hauteur de 522 t.[2].

d) Dans la Péninsule du *Kamtchatka*, au Volcan de Chevelutch (lat. 56° 40′) selon la mesure de M. Adolphe Erman [3], à 822 t. (1900^{m}) de hauteur. L'élévation totale des deux pics qui terminent ce Volcan est de 1375 t. et 1649 t. Le contraste de la limite des neiges perpétuelles aux deux côtes opposées de la Mer de Behring est très-frappant. La hauteur des neiges d'Ounalachka (550 t.) rappelle celle du Détroit de Magellan (586 t.), placé par la même latitude, dans l'hémisphère austral, tandis que les neiges du

[1] *Voyage autour du monde*, 1835, p. 250. *Partie nautique*, p. 280. Krusenstern, *Mémoires hydrogr.* 1827, p. 93 et 402.

[2] Wrangel und Baer, *Stat. Nachrichten über die Russichen Besizungen an der Nordwestküste von Amerika*, 1839, p. 312.

[3] *Ortsbestimmungen auf einer Reise um die Erde*, t. I, p. 418. Voyez aussi Erman, *Naturhist. Atlas*, p. 53, et Léopold de Buch, *Iles Canaries*, p. 453.

Kamtchatka (822) sont extrêmement élevées et rappellent les neiges de l'Oural.

Zone tempérée de lat. 53° à 54° sud. — Dans le détroit de Magellan et à la Terre de Feu, les neiges descendent, d'après les mesures du capitaine King, jusqu'à 3500 ou 4000 p. angl. (548 à 625 toises), effet de la basse température moyenne d'un été brumeux[1] qui dans la latitude de Dublin, au port de la Famine dans le détroit de Magellan, ne s'élève qu'à 10° cent. Dans l'intérieur de l'Asie, à l'Altaï, la limite des neiges a presque le double de la hauteur qu'elle atteint à l'extrémité australe de l'Amérique. De même dans l'hémisphère boréal, en Scandinavie, la limite de 600 t. (1170^{m}) ne se trouve que par les 67° de latitude. M. de Churruca, dans l'expédition de la frégate *Santa-Maria de la Cabeza* (1785), vit tomber de la neige dans le détroit de Magellan (lat. 53 S.) presque tous les jours aux mois de janvier et de février, corres-

[1] Darwin, p. 170 et 177.

pondant aux mois de juillet et d'août de l'hémisphère boréal [1].

Zone froide de lat. 59° à 71° ½ nord.—On trouve des neiges :

a) Dans l'Oural, au point culminant, le Kondjakowskoi-Kamen (lat. 59° 40′), à l'ouest des mines de Bogoslowsk, à 700 ou 800 t. Elles paraissent au milieu et même à la fin d'un été très-chaud, moins sur le sommet qui a 844 t. (1645^{m}), qu'à la pente de la grande montagne. Nous les avons vues, MM. Gustave Rose, Ehrenberg et moi, en juillet 1829; M. de Helmersen (*Reise nach dem Ural und der Kirgisen-Steppe*, 1841, p. 27 et 77) les a observées en 1834. Elles étaient en grandes masses [2] aux pentes du nord et de l'est. La limite inférieure des taches de neige se présentait d'une manière si régulièrement tranchée, que je pus, lorsque je pris des angles de hauteur des

[1] *Viage al Estrecho de Magellanes*, 1786, p. 300.

[2] Comparez Rose, *Reise*, t. I, p. 382.

montagnes vues de Bogoslowsk, déterminer très-facilement la différence de la limite à la cime (0°19′), au moyen du Cercle de Kater. S'il reste beaucoup d'incertitude sur les neiges *perpétuelles* du Kondjakowskoi-Kamen, il n'y en a pas sur leur absence à l'Iremel. Cette mongne, par 54° 20′ de latitude, a 793 t. (1544ᵐ) de hauteur et se dépouille entièrement de neiges[1] pendant l'été. Dans les Monts Obdores (lat. 67° 12′) qui, à l'extrémité septentrionale de la chaîne de l'Oural, atteignent 780 t. (1520ᵐ) de hauteur absolue, la limite des neiges reste encore inconnue, les importants travaux que M. Erman a entrepris dans ces contrées au milieu de circonstances les plus pénibles[2], appartenant presque à l'hiver, au mois de *décembre* de l'année 1828.

b) Dans la chaîne d'Aldan de l'Asie très-continentale, par 60° 55′ de latitude, à 700 t. (1364ᵐ) de hauteur. (Voyez plus haut, t. I, p. 365.)

[1] Kupffer, *Voy. dans l'Oural*, p. 294.
[2] Erman, *Reise um die Erde*, t. I, p. 703 et 706.

c) En Norwège :

Par latitude 60°-62°, dans l'intérieur. 800 t. (1560m).

(Folgesonden, Snöhattan, dans le Doorefield, selon Herzberg, Smith et Hisinger [1].)

Par lat. 67°-67° $\frac{1}{2}$, dans l'intérieur. 650 t. (1266m).

(Lulea et Sulitelma selon Wahlenberg.)

Par lat. 70°-70° $\frac{1}{4}$, dans l'intérieur. 550 t. (1072m).

(Talwig, selon M. Léopold de Buch.)

Par lat. 71° $\frac{1}{4}$, à l'île Mageroe (côtes). 366 t. (712m).

La limite des neiges en *Islande* (440 t.) déterminée par Morcks et Olafsen (au Mont Esian et à Skardheide) sous les lat. de 63° $\frac{1}{2}$ et 65° indique un climat littoral et brumeux comme celui de Mageroe [2].

[1] Léop de Buch, dans *Gilb. Ann.* t. XLI, p. 16 et 37.

[2] Le même, dans *Gilbert*, t. XXIV, p. 319, et Schouw, *Tidss.* t. I, p. 102.

Tel est l'ensemble des éléments numériques que j'ai pu recueillir [1] dans l'état actuel de nos connaissances hypsométriques et physiques. J'ai discuté le degré de précision des mesures qui ont fourni les *moyennes*; partout je suis remonté aux premières sources. Les tableaux de la hauteur des neiges publiés jusqu'ici sont incomplets et fautifs pour la plupart par la réduction très-inexacte des diverses mesures en mètres, en pieds anglais, en *varas* espagnols et en toises. A la fin de ce pénible travail on se demande où la courbe des neiges très-différente d'une courbe isotherme *zéro*, devient osculatrice à la surface de la terre au niveau des mers dans l'hémisphère boréal [2]? Je crois

[1] J'ai essayé de recueillir et de comparer les faits pour la première fois pendant mon séjour à l'Ile de Cuba dans un mémoire imprimé en espagnol sous le titre de *Ideas sobre el limite inferior de la nieve perpetua, y sobre Geografia de las Plantas.* (Voyez *Aurora*, *mes de mai* 1804, n° 220, p. 137.)

[2] Même dans l'hémisphère austral, dans les descriptions *peu botaniques* que le capitaine Cook, Anderson, Weddell et le lieutenant Kendall nous ont données du *sol perpétuellement gelé* de la terre de Sandwich, de la Géorgie ou de *Deception Island* (lat. 62°-63°), il est

avec M. Erman que nous manquons d'observations précises pour répondre à cette question. Tout ce que les voyageurs rapportent « des régions perpétuellement couvertes de glace ou de neige, » sont des assertions bien vagues et aucunement fondées sur des observations qui comprennent la durée entière de l'été. Là où la courbe est vraiment osculatrice, il faut que la calotte des neiges soit pendant tout l'été uniformément répandue, que la terre ne soit pas couverte de taches isolées de neige, comme on les trouve sur les hautes cimes des Cordillères beaucoup *au-dessous* de la limite perpétuelle, même dans le *Paxonal* (le gazon alpin ou la région des petites graminées) : il faut que les rochers non couverts de neige ne présentent plus des plantes licheneuses ou des touffes éparses de monocotylédonées. Or, aussi loin que s'étend le continent asiatique vers la Mer Glaciale, la courbe des neiges perpétuelles n'est aucunement osculatrice. Il y a partout des germes d'organisation. La belle carte de l'amiral Wrangel nous mon-

toujours question de « *small patches of grass,* » de « *plants like moss*, de *lichen* et de *green turf.* »

tre d'abord, à l'extrémité la plus boréale de la Sibérie, la limite des arbres et des arbustes (Conifères et Amentacées) vers le détroit de Behring atteignant à peine les 67° $\frac{1}{4}$ de lat.; mais de là vers l'ouest, depuis le pays des Tchouktches (long. 183° E.), en traversant les rivières Omolon, Kolyma et Indigirka, la limite boréale de la région boisée s'élève vers les rives de la Lena (long. 128°), progressivement jusqu'au parallèle de 71°. Au-delà de cette limite toutes les plaines da la Sibérie sont des *Tundra* (en finnois *Tuntur*), plaines marécageuses couvertes soit d'une bourre épaisse de Sphagnum et d'autres mousses *frondescentes*, soit d'une croûte aride de Cenomyce rangiferina, C. pyxidata, Stereocaulon paschale et de Lichens blanchâtres. « Ces *Tundra*, dit M. de Wrangel [1], m'ont accompagné jusqu'aux côtes de la Mer Glaciale. Leur fond est un terrain gelé depuis des milliers d'années. Quelques

[1] *Reise längs der Nordküste von Sibirien und auf dem Eismeere*, 1839, t. I, p. 115. Baer, *Sur la Nouv. Zemble, mémoire lu à l'Académ. de Saint-Pétersbourg* le 3 nov. 1837, p. 3. Erman, dans le *Monatsbericht der Geogr. Gesellschaft zu Berlin*, 1839, p. 26.

taches de neige ont résisté à la fonte. Dans la triste uniformité du paysage des *Tundra*, la vue du voyageur repose avec délices sur quelque pente inclinée vers le sud, si elle est couverte d'une mince couche de graminées. » Certes ce n'est pas une région des neiges perpétuelles, une courbe osculatrice à la surface du littoral.

Le tableau qui se trouve à la fin de ce mémoire offre les différents points directement mesurés par lesquels passe la *courbe des neiges perpétuelles*[1]. Ces points sont répandus sur la surface du globe, depuis les 71° nord jusqu'aux 54° sud. Des éléments numériques qui paraissent rebelles aux simples rapports de latitude, ne le sont aucunement aux lois basées sur les rapports complexes de l'inflexion des *courbes isothères*, du degré de sécheresse et de diaphanéité de l'air ambiant, de la réverbération des plateaux voisins, de l'agroupement des montagnes, de

[1] J'ai ajouté dans le tableau qui suit à la hauteur de la limite des neiges, les moyennes des températures de l'année et de l'été qui règnent sous le parallèle de la station des neiges dans les plaines *au niveau de l'Océan*.

leur masse et de l'inclinaison de leurs pentes. Nous voyons dans le Nouveau-Monde baisser très-lentement la limite des neiges vers l'extrémité de la zone torride boréale (Mexique) et se relever au contraire vers l'extrémité de la zone torride australe sous le climat sec du Chili et de Bolivia.

Cordillère des Andes, de 19° N. à 54° Sud.

Mexique.	Lat. 19° N.	Neiges perp.	2300 t.
Quito.	Equateur.	—	2470
Bolivia.	Lat. 17° S.	—	2700
Chili central.	— 33° S.	—	2300
Chili austral.	— 43° S.	—	940
Détr. de Magellan.	— 54° S.	—	580

La vaste chaîne de l'Himalaya, en prenant la moyenne des deux pentes, offre, par les 30° de latitude nord, une hauteur des neiges peu inférieure à celle qu'atteignent les neiges dans la zone torride du Mexique par les 19° de latitude. L'Argæus de l'Asie mineure, au nord de la chaîne du Taurus a, sous le parallèle du Bolor, des neiges de mille toises plus basses! Le Caucase et les Pyrénées ont presque la même latitude, mais les fortes chaleurs estivales de l'Asie relèvent la limite

des neiges de près de trois cents toises. Les brouillards éternels qui règnent à l'extrémité australe de l'Amérique (lat. 53° S.) abaissent la ligne des neiges au même point qu'on les trouve dans l'hémisphère opposé (en Norwège) 15° plus près du pôle nord. L'intérieur de la péninsule scandinave et son littoral, les pentes septentrionales ou tubétaines, méridionales ou indiennes de l'Himalaya, les Cordillères orientale et occidentale de Bolivia et du Chili présentent, sous des parallèles très-rapprochés, les contrastes les plus frappants dans la hauteur des neiges. Les connaissances que nous avons acquises de la Physique du Globe et de l'influence qu'exercent tant de *causes superposées* sur la distribution de la chaleur et des vapeurs dans les hautes régions de l'atmosphère, nous mettent en état d'expliquer en grande partie ce que, dans le tableau des neiges perpétuelles (p. 360), la série ascendante et descendante des éléments numériques offre d'anomalies apparentes. Aux yeux du physicien il n'y a d'*accidentel* que ce qui se dérobe encore à l'analogie de faits bien observés.

J'aurais pu terminer les considérations sur

les pouvoirs absorbants et émissifs du sol, dont dépend en général le climat des continents et le décroissement de la chaleur dans l'air par l'examen des changements que l'homme produit à la surface des continents, en abattant les forêts, en modifiant la distribution des eaux, en versant dans les centres de culture industrielle de grandes masses de vapeurs et de substances gazeuses dans l'atmosphère. Ces changements sont sans doute plus importants qu'on ne l'admet généralement, mais dans l'immense variété de causes qui agissent à la fois et dont dépend le type des climats, les plus importantes ne sont pas restreintes à de petites localités : elles dépendent de rapports de position, de configuration et de hauteur du sol, de la prépondérance des vents sur lesquels la civilisation exerce peu d'influence sensible. J'aurais dû traiter aussi de l'oscillation périodique de la chaleur dans les couches de la terre les plus rapprochées de la surface, et de ces crevasses et ouvertures circulaires par lesquelles, même dans l'état actuel de notre planète, l'atmosphère reçoit l'influence de la haute température de l'intérieur, influence que l'on désigne par le

mot bien vague d'*action volcanique*. Cette action multipliée et agrandie jadis, a pu donner un climat de palmiers, de bambousiers, de fougères arborescentes et de coraux lithophytes aux régions voisines des pôles. Des questions de ce genre n'appartiennent pas à la *Climatologie comparée* autant que cette science se fonde sur des observations actuelles et directes.

Comme l'enveloppe aquatique de la superficie du globe offre à l'action solaire trois fois plus d'aire que les terres soulevées au-dessus du niveau des eaux, la connaissance précise de la distribution de la chaleur dans l'Océan est (nous le répétons ici) de la plus haute importance pour la théorie des lignes isothermes en général. C'est cette connaissance de la Climatologie des mers qui a été perfectionnée depuis le commencement du 19e siècle bien plus que la Climatologie des continents. Elle a d'autant plus d'importance qu'elle pourra, dans des siècles futurs, instruire les hommes plus que tout autre phénomène de la *constance des températures terrestres*, si l'on a soin d'observer la température de la surface des mers éloignées des côtes *dans les mêmes parages* et

aux mêmes époques de l'année. « Qu'on se rappelle, dit M. Arago[1] dans son admirable Rapport sur les travaux scientifiques de l'expédition de la frégate la *Vénus*, qu'entre les tropiques et en pleine mer la température de l'Océan varie très-peu ; que la moyenne température déduite de trois ou quatre passages de la ligne, que la moyenne déduite de dix, douze ou vingt observations analogues faites sans choix entre 10° de latitude nord et 10° de latitude sud, est partout la même, et l'on concevra qu'on peut (par des éléments numériques obtenus dans le bassin pélagique) attaquer avec succès une question capitale restée jusqu'ici indécise, la question de la constance des températures terrestres, sans avoir à s'inquiéter des influences locales naturellement fort circonscrites, provenant du déboisement des plaines et des montagnes, du dessèchement des lacs et des marais. Chaque siècle, en léguant aux siècles futurs quelques chiffres bien faciles à obtenir, leur donnera le moyen peut-être le

[1] *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, t. XI, P. 2, p. 309.

plus simple, le plus exact et le plus direct de décider si le soleil, aujourd'hui source première, à peu près exclusive de la chaleur de notre globe, change de constitution physique et d'éclat comme la plupart des étoiles, ou si au contraire cet astre est arrivé à un état permanent. »

Deux fluides, l'eau et l'air, contribuent à rendre la distribution de la chaleur plus uniforme[1], et à mêler les diverses températures qui résultent de l'inégale absorption et émission de la chaleur sur la surface des continents.

Les mers s'échauffent moins à leur surface que le sol, parce que les rayons solaires, avant de s'éteindre entièrement, pénètrent à une plus grande profondeur, et parce qu'ils tra-

[1] Voyez mon *Voyage aux rég. équinoxiales*, t. III, ch. XXIX, p. 514-530. L'état le plus habituel de l'Océan depuis l'équateur jusqu'aux 48° de latitude boréale et australe est celui où la surface liquide est plus chaude que l'atmosphère dont elle est recouverte. Dans les mers des tropiques, je trouve pour résultat moyen de la différence des températures de l'eau à midi et à minuit 0°,76 cent. Les plus grands écarts sont 0°,2 et 1°,2. (L. c. p. 523.)

versent un plus grand nombre de couches du liquide diaphane. L'eau possède un pouvoir rayonnant très-considérable, et la surface de l'Océan se refroidirait à la fois par rayonnement et par évaporation, si, à cause de la mobilité des molécules qui composent l'élément aqueux, les parties refroidies dont la densité augmente, ne tendaient pas continuellement à se diriger vers les régions inférieures. Les expériences de Rumford, de Marcet et d'Adolphe Erman prouvent que, dès que les eaux ont le plus faible degré de salure, le maximum de densité n'est plus à 4°,4 du thermomètre centésimal [1]. La salure de la mer devient par conséquent la cause d'un phénomène très-important pour la Physique du Globe; elle abaisse, relativement à l'eau pure, le point de la plus grande condensation. Je ne dirai pas qu'en même temps elle produit par évaporation (par un changement d'état, accompagné de *ségrégation* chimique) la majeure partie de la tension électrique de l'atmosphère. Les effets électriques de la vaporisation ne

[1] Selon Hallström, 3°,92.

paraissent avoir lieu qu'au moment où l'eau chargée de sel dépose une croûte solide.

Depuis que l'on connaît l'accroissement continu de la densité des eaux de mer restées liquides, on devait être surpris de voir, au-delà du cercle polaire, augmenter la température avec la profondeur. C'était là cependant le résultat uniforme des expériences de lord Mulgrave, de Scoresby, de Ross et de Parry. Il est d'autant plus digne d'attention que le capitaine Beechey (*Voyage*, t. II, p. 132) a trouvé, dans les environs du détroit de Behring, les eaux polaires, à 20 brasses de profondeur, 1°,4 au-dessous de zéro et à la surface 6°,3 au-dessus de zéro. Ce navigateur habile a rencontré en général les eaux les plus froides dans les couches inférieures.

Lorsqu'entre les tropiques, dans tous les bassins des mers[1], la température à la surface est de 27°, on observe par des sondes thermométriques à de grandes profondeurs un froid

[1] Telle est parfois l'admirable uniformité dans la distribution de la température entre les tropiques, qu'en compulsant les tableaux d'observations très-précises de M. de Tessan dans l'expédition de la *Vénus*, M. Arago

au-dessous de + 4°. Des observations faites au fond des lacs d'eau douce de Suisse avaient fait supposer prématurément que dans les

a trouvé pour la température moyenne de la région Atlantique voisine de l'équateur, à midi, dans le mois de janvier 1837. 26°,6

L'Océan Pacifique a donné à M. Arago pour la région équinoxiale correspondante à 130° de longitude occidentale, dans le mois de juin 1837. 26°,9

L'Océan Pacifique, dans un méridien plus rapproché de celui de l'Archipel des Galapagos, dans le mois de février 1839. 26°,9

(*Comptes rendus*, t. XI, p. 310.) C'est la valeur *relative* de ces indications thermométriques qui est surtout remarquable, car la valeur absolue me paraît un peu faible en la comparant au grand nombre de données que j'ai réunies ailleurs (*Relation hist.* t. III, p. 498 et 513-522). Je la croirais pour l'eau de mer, voisine de l'équateur, un peu au-delà de 27,°4. Dans la navigation que j'ai faite dans la Mer du Sud, de Guayaquil à Acapulco, j'ai aussi, depuis l'équateur jusqu'à 13°16′ vu osciller la température de la surface de la mer seulement de 27°,7 à 29°,4 sur une longueur de route égale à la distance de Marseille à Edimbourg. Il n'y a eu que quelque anomalie et encore une anomalie très-faible, pendant la grande tempête que nous essuyâmes entre 6° ½ et 9° ¼, et que l'on nomme *el Papagallo*. Elle amène une grosse et froide mer du *nord-est*. La valeur des

abîmes de la mer la température était partout celle du maximum de densité de l'eau douce, +3°,9 ou +4°,4. Les sondes faites à bord de la *Vénus*, sous le commandement de M. Du

oscillations disparaît presque entièrement lorsqu'on prend les moyennes de plusieurs jours. Voici mes observations restées inédites et réduites de Fahr. en cent.

Lat. bor.	*Temp. de l'eau.*	*Temp. de l'air.*
0° 5′	27°,7	26°,8
1 3	28,0	29,0
2 13	27,7	28,8
2 28	27,5	28,8
2 31	28,0	29,4
2 27	29,2	30,0
3 8	28,9	29,5
3 53	28°,8	30°,2
4 50	28,6	29,7
[6 30	[26,4	[29,0
7 28	26,9	29,2
9 10]	26,9]	28,7]
10 20	27,9	26,9
12 15	28,0	27,5
13 16	27,9	26,9

La température moyenne de l'eau (févr. 1803) a été 28°,1′; celle de l'air a été généralement supérieure à la température de l'eau, quoique l'instrument *dont l'échelle avait été récemment vérifiée avec soin* fût placé *au vent* à l'ombre et éloigné du corps du bâtiment. Généralement sous les tropiques l'air océanique est de 1° à 1° ½ plus froid que l'eau.

Petit-Thouars, ont souvent donné dans les régions[1] tempérées et intertropicales + 3°,2; +3°,0; + 2°,8 et +2°,5. J'ai fait voir dès l'année 1812 que ces basses températures observées entre les tropiques ne peuvent être que l'effet d'un courant sous-marin qui porte des pôles vers l'équateur. Le refroidissement de l'air n'est jamais assez grand dans la zone torride pour que des molécules d'eau refroidies à la surface (refroidies par le contact de l'air pendant la nuit ou en rayonnant vers un ciel sans nuages) puissent porter cet excès de froid dans les abîmes pélagiques. M. Arago a expliqué d'une manière aussi ingénieuse que vraie pourquoi la Méditerranée n'offre pas de très-basses températures vers son fond. Le courant inférieur qui sort du détroit de Gibraltar empêche les eaux polaires d'y entrer et

[1] Lat. 27° 47′ S. dans la Mer de l'Inde, long. 98° 0′ E. température à 990 brasses de profondeur : 2°,8 ; surface 23°,8.

Lat. 4°23′ N. près du Peñedo de S. Pedro, long. 28°26′ O. à 1130 brasses de profondeur : 3°,2 ; surface de l'eau 27°,0. Le capitaine Kotzebue avait puisé par 32°11′ de latitude à 525 brasses de profondeur de l'eau à 2°,5 de température.

cause même des anomalies à l'ouest du détroit.

La densité relative des molécules d'eau est affectée à la fois par les différences de chaleur et de salure, et le courant sous-marin serait dirigé en sens inverse (de l'équateur aux pôles), si la différence de salure seule agissait sur la densité. Cet état d'équilibre exige de nouvelles recherches numériques, depuis les nombreuses expériences sur la pesanteur spécifique de l'eau de mer sous différentes latitudes australes et boréales, recueillies pendant de longues navigations, surtout par M. Lenz [1] et le capitaine Beechey [2].

L'interposition de l'air modifie tous les effets terrestres de la chaleur du soleil. Une théorie mathématique des climats devrait considérer l'atmosphère de deux manières, soit comme renfermant dans son sein des causes *calorifiques* ou *frigorifiques*, soit comme recevant, par contact, les températures développées à la surface du globe (dans l'Océan et les continents), soit enfin comme transportant ces tem-

[1] Poggend. *Ann.* 1830, st. 9.

[2] *Voyage to the Pacific*, t. II, p. 727.

pératures par l'effet de courants aériens. Cette communication par contact est si lente que l'on trouve quelquefois de 8° à 10° de différence entre le sol et des couches d'air à deux ou trois pouces de hauteur. Les couches atmosphériques, condensées par leur propre poids, s'échauffent faiblement par l'extinction de la lumière; mais, à de certaines hauteurs, des amas de vapeurs vésiculaires augmentent cette extinction, et produisent des effets remarquables[1] sur la vitesse du *décroissement du calorique* et le mouvement périodique des nuages dans un sens vertical. Aussi, des phénomènes de dilatation ou d'évaporation se manifestent dans l'atmosphère humide, phénomènes qui sont produits par cet élément même, et qui deviennent des causes d'un refroidissement local. L'influence de ces causes diminue avec l'état de sécheresse comme avec

[1] Comparez mon *Voyage aux rég. équin.* t. III, p. 513; mon *Recueil d'Observat. astronom.* t. I, p. 129; et *Mém. d'Arcueil*, t. III, p. 590. Déjà Aristote avait considéré la hauteur des nuages et leur densité comme des phénomènes qui dépendent de l'ascension de la chaleur et qui contribuent à en modifier l'action. *Arist. Opera omnia*, t. II, ed. Casaub. p. 327 et 458.

celui de la rareté de l'air[1] dans des régions très-élevées.

Tel est l'ensemble des phénomènes de la distribution de la chaleur, que j'ai tâché de présenter dans leur plus grande généralité, en distinguant un à un les effets complexes des causes *superposées*. Il importe au progrès des sciences de découvrir les liaisons réciproques de ces effets et de déduire des phénomènes généraux ces lois empiriques qui se révèlent dans leur immuable succession. Il importe surtout d'offrir à la théorie mathématique des climats, là où cette théorie pourra tenter un jour d'assujettir les phénomènes au calcul, un grand nombre d'*éléments numériques* précis discutés avec soin, recueillis dans les régions les plus éloignées du

[1] Voyez les *Notes* et *Additions* si importantes pour la Physique générale dans l'ouvrage de M. Poisson, *Nouv. Théorie de l'action capillaire*, p. 273. Le froid qui régne dans les déserts et dans tous les lieux très-arides dépourvus de végétation, même dans les régions équinoxiale ou très-tempérée, est un phénomène sur lequel M. Ehrenberg, Sir Alexander Burnes et moi nous avons si souvent fixé l'attention des physiciens. Ce phénomène est bien mal expliqué jusqu'ici.

globe, et comparables entre eux. Il me serait doux de penser que mes voyages et une laborieuse discussion des faits aient pu contribuer à fournir des bases plus solides à la Climatologie théorique.

DE LA

FONI

CHAIN

DE MONTA

I. *Hémisp:*
Norwège, l
Ile Mage.

Norwège, in

Norwège, in

Islande, Os
kull.

Norwège in

Chaîne d'Ald.
bérie).

Ouralsepten
douteux se
Strajefsky.

Cordillèr

Chili, E
Volcan
quene

Chili, A
littora

Détr. de

T

UNIV. OF MICH.

ROUTIERS

DANS L'ASIE CENTRALE.

PREMIÈRE SÉRIE.

emipolatinsk au pays de Kachghar, de chghar à Yarkand, de Yarkand au Pe-ubet, de Semipolatinsk à Tachkend, Tachkend à Kokand, du Tchoui à rkestan, de Semipolatinsk à Kouldja, fleuve Ile à la ville d'Ouch-Tourpan, uch-Tourpan à Ak-sou, d'Ak-sou à Kachghar, de Semipolatinsk à Tchou-goutchak, et de la ville de Koura à Ak-sou.

[Cette première série, recueillie pendant le cours de mon expédition, a été rédigée en allemand à Semipolatinsk, le 30 août 1829, par le chef municipal de cette ville, M. Antoine de Klosterman, d'après les récits de voyageurs boukhares et habitants de Tachkend. Elle a déjà paru dans le second volume de mes *Fragments asiatiques*, en 1831, servant de base à plusieurs cartes de l'*Atlas de Grimm*, et en partie au grand ouvrage géographique de M. Ritter (*Erdkunde von Asien* t. I, p. 327, 400 et 780-801). Tout ce qui se trouve entre deux parenthèses a été ajouté, comme éclaircissement, par feu M. Klaproth. Ces Routiers pourront faire suite aux Routiers publiés par Senkowsky, le baron de Meyendorf et Putimstev. Les notes que j'ai mises au bas des pages sont signées H—t.]

I. — Route de Semipolatinsk au pays de Kachkar (Kachghar); quarante journées.

verst.

De Semipolatinsk jusqu'au gué de la petite rivière Balta tarak..... 20

La rivière est peu importante et se perd à droite et à gauche du chemin, en différents petits ruisseaux.

Du Balta tarak à la source *Aralyk*..... 25

D'Aralyk au rocher *Iar tack*..... 30

Ce rocher très-élevé, est à gauche du chemin.

Du Iar tach à la source *Kochoumbet*..... 20

De Kochoumbet à la source *Uchmè*..... 35

D'Uchmè au gué de la petite rivière *Karagan daïeryk*..... 25

La rivière est peu considérable, et sort des mots *Aldjan* et *Arkat*, qui commencent ici. Ces montagnes ont, là où on les passe, une largeur de 5 verst, et s'étendent à 12 verst des deux côtés du chemin.

Du Karagan daïeryk, par les monts *Aldjan* et *Arkat*, à la source *Ouzoun-boulak*.... 25

D'Ouzoun-boulak à la colline pierreuse *Y-tach*..... 20

Cette colline est tout près du chemin, et peu élevée.

verst.

De l'Y-tach au gué de la petite rivière *Kalkut* 10

Elle est petite, sort à 3 verst vers la droite du chemin de la haute montagne *Tchinghiz-tau* (voy. Ledebour, p. 377 et suiv.), et se perd dans la steppe.

Du Kalkut à la source *Batmak sou*..... 20

A droite du chemin, à 5 verst de distance, se termine la haute montagne Tchinghiz-tau; elle s'étend à 60 verst vers l'ouest, et a 20 verst de largeur.

De Batmak sou au gué de l'*Ayagous*[1]..... 20

Cette rivière est grande, et le chemin la suit en la laissant sur la droite.

Le long de l'Ayagous au tombeau kalmuk nommé *Kouzou-Kourpatch*[2] (dans la

[1] Selon l'observation astronomique de M. Fedorow, lat. 47°30′. Voyez la carte d'une partie du grand Lac Balkache qui accompagne *Fedorow's vorläufige Berichte über seine Sibirische Reise von* 1832-837, p. 163. Ayagous est appelé *ville de cercle*, *Kreisstadt*. (H—t.)

[2] Kouzou—Kerpech chez M. Fedorow, p. 50, qui a donné le dessin du tombeau de 45 pieds d'élévation. Kouzou-Kerpech est le nom d'un chef kirghiz célèbre dans des chants populaires à cause de sa valeur et de son amour pour Bajan Soulou, qui devint la cause de sa mort. (H—t.)

verst

carte de M. Pansner Kougou Kerpech).. 10

De Kouzou Kourpatch, le long de l'Ayagous, à *Iouz-agatch*..... 20

Cet espace est couvert de peupliers; l'Ayagous reste à la droite du chemin, et tombe dans le grand Lac *Tenghiz*. (Le mot Iouz-agatch en kirghiz signifie les *cent arbres*. Le canton est appelé en mongol *Dzoun modo*, ce qui a la même sification. D'après les cartes chinoises, ce n'est pas l'*Aigous* ou *Ayagous* qui se jette dans le Lac Balkhach; c'est l'*Erkebtsi-gol*, rivière formée par l'*Aigous*, l'*Ebketé*, le *Bakhanas* et le *Koukou-sar*. L'Erkebtsi a, un peu au-dessous de son embouchure dans le Balhkach, un gué appelé *Erkebt-si-gatoulgà*. Cette rivière est appelée, dans la carte de Pansner, *Kourdoulèk-Tenghiz*, où la Mer, c'est le nom que les Kirghiz donnent au Lac Balkhach).

De Iouz-agatch à la montagne *Arganatek kyzkatch*..... 25

Elle est assez élevée; on la traverse pendant 5 verst; elle a 15 verst de longueur et s'étend plus à la gauche qu'à la droite du chemin.

verst

De l'Arganatek kyzkatch à la source *Kandjega boulak*..... 20

De Kandjega boulak au gué du *Lapsyi* (dans les cartes chinoises *Lebsi*)..... 20

Cette rivière[1] est considérable, sort des monts *Ala-tau* (couverts de neiges perpétuelles), et tombe dans le Lac Tenghiz. (Dans les cartes chinoises, le Lebsi vient de la montagne *Koubé tom dabahn*, ou du défilé de la cime bleue, et reçoit le *Tchagan oussou* à gauche).

Du Lapsyi à la petite rivière *Ak sou*..... 30

Elle est peu considérable, sort de l'*Ala tau* et tombe dans le Lac *Tenghiz* (*Ak sou* signifie en kirghiz, ainsi que *Tchagan oussou* en mongol, eau blanche, il

[1] L'embouchure de la rivière *Lepsa*, qui se jette dans le Lac Balkache ou Tenghiz, est, selon l'observation de M. Fedorow (p. 49 et 57) faite en 1834, par latitude 46°20′. La carte de M. Levchine donne 44° 40′, en se fondant sans doute sur la carte de la Russie asiatique publiée en 1825 au Dépôt topographique : celle-ci offre même 44° 33′, erreur de 1°47′ en latitude. J'ai déjà fait observer plus haut, t. II, p. 65, 101 et 124, que la belle carte de l'Asie centrale de Klaproth 46° 42′. (H—t.)

paraît donc qu'il est question ici de la rivière, indiquée dans les cartes chinoises comme affluent du Lebsi.)

De l'Ak sou à la petite rivière *Kouldenian bayan* 30

Du Kouldenian bayan au puits de *Kysyl agatch* (arbres rouges en kirghiz.)..... 25

Ce puits est dans un endroit couvert de bouleaux et de peupliers. .

De Kyzyl agatch à la source *Sary boulak* (source jaune.)..... 30

De Sary boulak au gué du *Kara tal* (saules noirs.)..... 15

Cette rivière est assez large, sort à gauche des Monts Ala-tau et tombe dans le grand Lac *Tenghiz*.

Du Kara tal au gué du *Kouk sou* (eau bleue.) 15

Cette rivière est assez large, vient également des Monts Ala-tau et se jette dans le Tenghiz. (Les cartes chinoises la font venir de la montagne *Boro goudzir dabahn* et se joindre à la gauche au Kara tal.)

Du Kouk sou à la petite rivière *Bidjé*..... 25

(Dans les cartes chinoises, *Gourban Bidjé*, ou les trois Bidjé, affluent de gauche du Kara tal. Cette rivière vient

verst.

de la haute montagne *Altan emel dabahn*, ou du passage de la selle d'or.)

Du Bidjé à la source *Maï toubé*..... 25

Elle tire son nom d'une petite colline à droite du chemin.

De Maï toubé à la source *Koïan kous*..... 20

De Koïan kous à la source *Tus achou*..... 15

Dix verst à gauche du chemin, est la haute montagne *Altyn emel* (ou *Altan emel*, selle d'or) qui se réunit à l'est aux Monts Ala-tau.

De Tus achou au gué de la rivière *Ilé* ou *Ili*. (C'est vraisemblablement le même gué appelé, dans les cartes chinoises, *Khoulgan gatoulgà*)..... 25

Cette grande rivière vient de Kouldja et se jette à l'ouest dans le Lac Tenghiz. Ici commencent les habitations des *Kirghiz de Semyrek*. Un chemin conduit directement d'ici à la ville d'*Ouch Tourpan*.

De l'Ilè à la petite rivière *Kachkalèr*. (Dans les cartes chinoises, *Kach-kelen*.)..... 30

Du Kachkalèr à la source *Almatè*. (Dans les cartes chinoises, *Gourban almatou*, ou les trois rivières aux pommiers.)..... 30

D'Almatè à la haute montagne *Khach tægh*.

verst.

(Dans les cartes chinoises, *Khach tak dabahn;* la rivière *Kachi tak* y prend sa source, et va se joindre à la gauche de l'Ilè.)..... 20

Cette montagne s'étend à gauche jusqu'à l'Ala-tau et finit à 25 verst vers l'ouest : elle a 10 verst de largeur. Ici se terminent les habitations des *Kirghiz de Semyrek.*

Du Khach tægh au gué du *Tchoui* [1]..... 20

La rivière est assez large, sort du mont Ala tau et coule à l'ouest vers le Turkestan. Ici commencent les habitations des *Kirghiz noirs.*

Du Tchoui au gué du *Koute malda*..... 15

Cette rivière est petite, sort à gauche du chemin du Lac *Issi-koul* et coule très-loin dans la steppe. (Selon les cartes et les descriptions chinoises, c'est le *Tchouï* qui

[1] Les mots *Tchoui* (tchaï, djoui) et *Tenghiz* (*Denghis*) ne signifient proprement en turc nogaï que *fleuve* ou *Mer* (grand lac) en général. Ce sont des mots qui, par antonomase, comme *Rhin* et *Rha* (Wolga) sont devenus, dans la bouche du peuple, des noms spéciaux géographiques. Comparez plus haut les étymologies de Tanaïs (Don), tome II, p. 254. (H—t.)

verst.

sort du Lac *Issi koul*, ou *Temourtou noor*, et non pas le *Koute malda*, qui ne paraît être qu'un affluent du Tchoui.)

Du Koute malda à l'*Issi koul*..... 15

Ce lac est à gauche du chemin, a 50 verst de largeur et 100 de longueur.

De l'Issi koul à la montagne *Oulak kol*..... 30

Elle est assez haute, s'étend très loin à droite et à gauche du chemin, et est large de 20 verst.

De l'Oulak kol, que l'on traverse, à la source *On artcha*..... 30

D'On artcha au gué du *Narym*. (*Narym* est le nom de la partie supérieure du *Syr-daria* ou *Sihoun*, qui, sous le nom de *Tarakhaï gol*, prend sa source au sud du coin sud-ouest du Lac Temour tou.)..... 35

La rivière n'est pas considérable, et s'étend à droite et à gauche du chemin.

Du Narym au gué de l'*Ot bach* (en kirghiz *tête de bois*.)..... 25

La rivière est peu considérable, elle coule à gauche et près du chemin.

De l'Ot bach à la montagne *Rovat*..... 80

Elle est assez haute, et s'étend à droite et à gauche du chemin; la traversée est de 15 verst. Dans cette montagne, il y a

verst.

tout près de la route une grande caverne dans le roc.

Du Rovat au Lac *Tchater koul*..... 25

Il est petit, à droite du chemin et a un verst de long et un demi-verst de large.

Du Tchater koul à la colline *Torgat*..... 25

Elle n'est pas très-haute et reste à droite du chemin.

Du Torgat à la source *Balgoun*..... 30

On y voit des hauts bouleaux et des peupliers.

Du Balgoun à l'*Aksaï*..... 25

Cette rivière est peu considérable, et s'étend loin à droite et à gauche dans la steppe.

De l'Aksaï à un corps-de-garde chinois..... 30

De ce corps-de-garde au petit village *Artych* (dans les cartes chinoises *Artouch*)..... 25

D'Artych à *Kachkar* (Kachghar)..... 30

La ville est assez grande, et située sur la rivière *Ara tumen* [1] : elle a 15,000

[1] C'est le *Tumon* de la carte qui accompagne le Voyage de M. Vigne à Iscardo. Cette carte figure la source du Tumon dans l'arête *Tyrak-i-Duwan* (Dabahn) et suppose que non au nord du Terektagh, mais sur la pente occidentale de la même arête, naît le Syr-Deria ou Iaxartes. (Vigne, 1842, t. II, p. 368.) (H—t.)

verst.

maisons et environ 80,000 habitants [1].

(Voici comment la grande géographie chinoise réprésente le système des rivières qui coulent dans le voisinage de Kachkar. Le *Kachkar daria* est au sud de la ville; il vient de la chaîne du mont Thsoung ling et des montagnes qui sont au nord de la ville. Deux de ses bras se réunissent et passent au sud de ses murs; de là son cours à l'est, est de 2000 li (250 lieues), il reçoit les rivières de Yarkend et de Khotèn, et prend le nom de *Tarim* sous lequel il débouche dans le grand Lac Lop. C'est le bras septentrional de cette grande rivière; l'occidental est nommé *Yaman yar*; il a pour affluent le *Khesel*, qui a sa source dans les monts au nord de Kachkar, coule au sud-est et

[1] Il y a probablement de l'exagération de chiffres dans le récit des Boukhares d'après lequel l'itinéraire est rédigé. Fraser, d'après des renseignements pris au Khorasan, ne donne à Kachghar que 10000 maisons (*Narrative of a voyage into Khorasan*, 1826, p. 110). Sir Alexander Burnes dit : *Eela* (Ili?) *is said to have a population of* 75,000 *souls* (?), *Yarkund ranks next in importance and has* 50,000; *Kashgar is smaler then both. Travels into Bokhara*, t. II, p. 230. (H—t.)

verst.

se réunit au Terme-tchouk, qui vient de 200 li au nord-ouest. Le *Mouchi* coule au nord de Kachkar; il y reçoit le *Temen*, formé par la réunion de deux rivières, coule au sud-est, et se jette dans le Khesel.)

TOTAL..... 1135

II. — ROUTE DE KACHKAR, VERS LE SUD-EST, A YARKAND.

De Kachkar (Kachghar) à la ville de *Ianghissar* (Ianghi-hissar, signifie en turc la forteresse nouvelle; sur nos anciennes cartes, Ingachar.) 40

La ville n'est pas considérable.

De Ianghissar à la ville de *Iaferènde* qui est aussi très-peu importante. (Je ne trouve ce nom dans aucune carte ou description.) 80

De Iaferènde à Yarkand..... 40

La ville (Yarkund ou Yarkiang) est située sur la rivière *Kokak-daria* (vulgairement *Yarkènd-daria*, rivière de Iarkènd); elle est plus grande [1] que Kachkar.

TOTAL..... 160

[1] Cette assertion est conforme à celle de Burnes. Aussi

HI. — De Yarkand au Tubet, vers le sud.

verst.

Il y a quarante journées, chacune de 10 verst; car il est impossible d'aller plus

Mir Isset Ullah (Klaproth, *Magasin asiat.* p. 29), qui a visité Yarkand en 1812, vante la grande et laborieuse population de la ville. Ce qui paraît prouver combien cette ville est peu élevée au-dessus de la mer, c'est que, par 38°19′ de latitude, selon l'observation du P. Hallerstein, plus au nord qu'Athènes, dans le centre de l'Asie, où l'hiver est partout ailleurs si rude, il n'y tombe, selon Burnes, que très-peu de neige. *The climate of Yarkand*, dit cet illustre voyageur, *is dry and agreable : snow seldom falls and even rain is scarce* (t. II, p. 230). Il est vrai qu'on a rapporté dans le Petit Tubet, à M. Vigne, que dans la plaine on voit quelquefois tomber de deux à trois pieds de neige, mais le même auteur ajoute : « *Snow does not remain long.* » (*Trav. in Kashmir*, t. II, p. 368). Je vais rappeler ici que la télégraphie par signaux de feu des Chinois est si parfaite, que lors de la dernière invasion de l'armée chinoise dans le Kokan (Burnes, t. II, p. 231), sur une distance de 620 lieues nautiques (40° de longitude), les nouvelles sont arrivées de Yarkand à Peking en six jours. C'est la distance de Strasbourg à la Mer Caspienne. Les marchands voyageurs mettent 5 mois, les courriers du gouvernement chinois, qui changent de chevaux toutes les 3 lieues, mettent de 15 à 20 jours. (H—t.)

werst.

vite à travers les montagne extrêmement hautes, par lesquelles on doit passer.

De Yarkand au corps-de-garde chinois *Kok yar* (ou Kok sâr.)..... 50

Le chemin passe entre deux montagnes très-hautes.

De Kok yar au gué de la rivière *Chayouk* [1].

[1] C'est le *Shy-Yok* (*Schai-Yok*) de M. Vigne, rivière qui prend son nom du village de *Shyh-Yak* (*glace* de Shyh) situé par lat. 34°33′, et à peu près 25′ à l'est du méridien de la ville de Ladak ou *Leh* (Vigne, *Trav. in Kashmir*, t. II, p. 358). On est presque surpris d'entendre prononcer en Sibérie, à Semipolatinsk (lat. 50°24′), le nom de la rivière Chayouk (Shayuk, Shyook de Burnes, t. II, p. 221), qu'on peut passer à gué dans une grande partie de son cours. La rivière qui roule des grains d'or naît, au sud du passage de Kuru-Kurum, du glacier de Nubra-tsoh. Le Kuru-Kurum (Vigne, t. II, p. 361 et 364) a près de 15000 pieds angl. (2345 t.) d'élévation absolue. A la pointe septentrionale de Kuru-Kurum (défilé ou passage de *Karakorum* des anciennes cartes) naît la rivière de Yarkand (Tingra ab Osteng), qui, après un cours de 70 lieues, forme une branche méridionale du grand système des rivières du Tarim. La carte de Kachmir, de Ladak, du Petit Tubet, du cours *alpin* de l'Indus, fondée sur les relèvements de M. Vigne (*Compiled by order of the Court of Dir. of the East India Company*, by John

verat.

(Cette rivière est assez large; elle coule à l'est et à l'ouest dans les montagnes. Le chemin continue à passer par de hautes montagnes.) (Le *Chayouk* est la grande rivière qui prend sa source au sud de la haute montagne de Kara korum, coule d'abord au sud-est, puis au sud-ouest (?) et va se jeter dans l'Indus au-dessous de Leh, capitale du Ladak.)

Du *Chayouk*, entre des montagnes excessivement hautes, à *Tibet*..... 70

Walker, 1842) jette une nouvelle lumière sur le Chayouk comme *branche septentrionale* du Haut-Indus. Cette dernière rivière est formée, d'après nos connaissances actuelles, d'une *branche méridionale* (le Singhe-tcho ou Singdzing Kampa ou Sinh-kha-bab) dont Moorcroft a décrit la source comme véritable source de l'Indus, un peu au N. O. du lac sacré de Rawan-Hrad et d'une *branche septentrionale* ou Chayouk (Shy-Yok), qui coule d'abord depuis le Nubrah-tsoh jusqu'à lat. 34°25', assez près de Leh, du nord au sud et au sud-sud-ouest, et puis du sud-est au nord-ouest. La réunion des deux branches du Haut-Indus, de la branche près de laquelle est situé Leh (Ladak) et de celle appelée Chayouk, a lieu au-dessous de Parkuta, latitude 35°8, selon la carte de M. Vigne, 1°20 à l'ouest du méridien de Leh et 18' à l'est d'Iscardo. (H—t.)

veist.

La ville est assez grande, se trouve sous la domination de l'Inde (?), et est la résidence d'un radjah.

La chaîne des montagnes de Yarkand à Tibet, s'étend plus à l'ouest qu'à l'est (?).

400

A 20 journées à travers de hautes montagnes à l'est de Tibet est *Tchabé Tchaptan* [1], c'est de là que l'on porte à Kachmir le fameux duvet de moutons. Vraisemblablement cette ville (Tibet) est celle de *Ladak* [2]; mais ce nom est

[1] Selon les récits de Moorcroft, c'est le plateau d'Oun-Dès (Una-desa?), au N. O. de Daba, qui est la véritable patrie des chèvres dont le *Poslim-i-Shahal*, duvet des *châles* de Kachmir, jouit de tant de célébrité. On appelle aussi cette contrée Chang-Thung, expression que M. Vigne (t. II, p. 126) traduit par *plaines des bergers*. Notre itinéraire appelle le *Pays du duvet* : *Tchabi Tchaptan*. Peut-on admettre que *Tchaptan* est une corruption de *Tchapran* (Tchaprang), dans le pays d'Oun-Dès, déjà visité par le P. Andrada, et décrit comme une ville très-commerçante où se réunissent les marchands de Kachmir. (H—t.)

[2] Déjà le compagnon de voyage de Moorcroft, Mir Isset Ullah (*Asiat. Journ.* t. XXI, p. 471), nous ap-

verst.

inconnu aux Asiatiques de Semipolatinsk.
(La dernière phrase est sans doute ajou-

prend que la ville de Leh (Leï), capitale du Ladak, porte dans le pays aussi le nom de *Tubet*. Dans la *Relation d'un voyage aux Indes*, par le Géorgien Raphael Danibeg, imprimée en russe en 1815, on trouve une description de Leh sous le nom de Tibet. « J'allai, dit le voyageur, de Kachmir à *Tibet*, *ville* bâtie sur des collines, dont les habitants reçoivent de Lassa beaucoup de laine de chèvre qu'on expédie à Kachmir. De la *ville de Tibet*, je retournai par Yarkand, Aksou et Tourfan à Semipolatinsk. » Aussi le baron de Meyendorf observe « qu'à Bokhara il a entendu parler de Grand et Petit Tibet comme de deux *villes*. » Il croit que le second est Derwazeh ou Draouse (?), le premier, Leh ou Ladak. « Aucun Boukhare ne connaissait, dit-il, le nom de Ladak. Des marchands russes qui ont été de Semipolatinsk à Kachmir, se servaient de la même expression de *ville de Tibet*. » Cette assertion est entièrement conforme à ce que rapporte M. de Klostermann, et je dois rappeler à cette occasion que M. de Meyendorf a visité Semipolatinsk plusieurs années avant moi, de sorte qu'il parle de notions recueillies par lui-même (*Voyage d'Orenbourg à Bokhara*, p. 122). Je terminerai cette note par la citation d'un passage très-curieux de la Géographie d'Edrisi, passage dû à la publication de M. Jaubert, tandis que la version latine de Gabriel Sionita l'avait omis. « La *ville* de Tibet, dit Edrisi (Climat III, sect. 9,

tée par le rédacteur de ces routiers. Il s'agit ici en effet de la ville de Leh, capitale du pays. Cette ville est appelée en tubétain *Lata youl*; c'est la même que nos cartes désignent sous le nom mongol de *Latac* ou *Ladak*; elle est connue des Hindous et des Persans

t. I, p. 492), est grande, et le *pays* dont elle est la capitale *porte son nom.* » Dans ce texte, ce n'est pas l'expression ambiguë *cheher* ou *belad*, dont souvent les Orientaux se servent pour pays et pour ville, qui est employée. Edrisi nomme en arabe Tibet une véritable *ville, medineh*. Cet usage date donc déjà du douzième siècle. Mais la ville de Tibet d'Edrisi ne peut être Ladak, puisqu'elle se trouve près d'une rivière qui va se jeter dans le Lac de Berwan, *situé vers l'orient*, lac de 72 milles de largeur. Ce n'est qu'à l'est des deux *Lacs Sacrés* que nous trouvons des rivières qui coulent vers l'orient. Serait-il question de Tichou-loumbo (*Djachi-h'loumbo*), près de la rive droite du grand fleuve Dzanbo-tchou? Les Arabes auraient-ils cru que le fleuve de Tichou-loumbo débouche dans le Lac Palte (Peïti, Bhaldhi ou Yang-brok-youm-thso), dont effectivement la ville n'est éloignée que d'une vingtaine de lieues? Mais Edrisi dit que le pays est celui des *Turcs Tibétains*, qu'il a un commerce actif avec le Botm et le Ferghana, circonstances qui s'appliquent mal à une partie très-orientale du Tubet. (H—t.)

verst.

sous le nom de *Tubet* ou *Grand Tubet*. Le premier, ou *Petit Tubet*, est le pays appelé *Balti* ou *Baltistán*. Le second, ou *Grand Tubet* est *Ladak*, et le *Troisième Tubet* est la contrée soumise au Dalaï Lama, et comprise entre le Haut-Indus et la frontière de la Chine.)

De Tibet à *Kachmir* [1], à l'ouest (proprement E.N.E-O.S.O.), il y a 20 journées, chacune de 8 verst, parce qu'on est obligé de transporter les marchandises à travers les hautes montagnes [2], sur le dos des moutons et à

[1] J'ai été visité, en 1829, à Pétropavlovsk et Semipolatinsk, par des voyageurs tatares qui, dans les intérêts des maisons de commerce de Sibérie, avaient été très-récemment au Kachmir. « I have it on the authority of sir John M'Neill that Russian saudagurs, used formerly (?) to arrive at Kashmir after pussing up the valley of Oxus, whence they must either have crossed the plain of Pamir and joined the regular road *via* Yarkund and Ladak, or that by the Mustak (Muz-tagh) and Iskardo (in the Baltistan or Littli-Tibet) or have crossed the Mustoj pass from Issar and arrived at Kashmir viâ Chitral, Gilghit, Husara and Gurys; wich latter is by for the most probable, as it is the nearest road for them. » (Vigne, *Trav. in Kashmir*, t. II, p. 284.) (H—t.)

[2] A travers le Panjal oriental, qui ferme le bassin de Kachmir entre Islamabad et Pambour. (H—t.)

verst.

pied. La ville est située sur la rivière *Tchirtchik* (vraisemblablement le nom indigène du *Djhylum* [1], sur les bords duquel la ville de Kachmir est bâtie.)

TOTAL..... 160

IV. — DE SEMIPOLATINSK A TACHKEND, QUARANTE JOURNÉES, A L'OUEST.

De Semipolatinsk au gué de la rivière *Moukourtka* (ou Moukourka)..... 20

Elle vient de la gauche du chemin, sort du mont *Kokoun* et tombe dans l'Irtyche, au-dessus du *Staro* (vieux) *Semipolatinsk*.

Du Moukourtka à la source *Ouzoun boulak* (longue), où commence le mont *Semi-tav* (chez Pansner Semi-tal), qui s'étend à la droite du chemin à 40 verst, et à 25 à gauche. Sa largeur est de 12 verst..... 15

D'Ouzoun boulak, à travers le mont Semi-tav, au gué du *Kara-sou* (eau noire)..... 20

Cette rivière est peu considérable;

[1] Jelum, Jylum, Hydaspes, affluent de l'Indus. (H—t.)

verst

elle vient de la gauche du chemin, sortant du Semi-tav, et se perd à droite dans la steppe.

Du Kara-sou au mont *Kogaly-obaly*..... 20

Cette montagne est petite, et s'étend à 2 verst à droite du chemin.

Du mont Kogaly-obaly aux deux cimes du *Iousaly*..... 20

Ces cimes sont rondes et assez hautes. Le chemin passe entre elles.

Du Iousaly au gué du *Tchegan* [1]..... 20

Cette rivière sort du mont *Tchinghiz*, coule à l'ouest, et tombe dans l'Irtyche, vis-à-vis du fort ou vorpost *Dolon*.

Du Tchegan à la source *Sonkar*..... 20

On y voit plusieurs petites montagnes qui s'étendent à droite et à gauche dans la steppe.

De Sonkar à la source *Kachka boulak* (source chaude)..... 20

[1] La Tchaganka sort de la longue chaîne de Tchinghis-Tau, indiquée dans ma carte comme un de ces soulèvements dirigés de l'est à l'ouest, qui, dans la steppe des Kirghiz, marquent l'*ébauche d'une arête* souvent interrompue, réunissant l'Altaï à l'Oural méridional. (H—t.)

verst.

De Kachka boulak aux monts *Taïr* et *Yaman abraly*..... 20

Ces montagnes sont assez hautes, et larges de 10 verst à l'endroit où on les traverse. Le Taïr s'étend à 20 verst à l'est, et le Yaman à 25 à l'ouest.

Du Taïr et de l'Yaman abraly jusqu'à la haute montagne de *Timirtchi*..... 20

Elle est située à la gauche du chemin, a 10 verst de largeur, et s'étend à 50 dans la steppe.

Du Timirtchi au gué de la petite rivière *Kazan-kap*..... 20

Du Kazan-kap au mont *Kyzyl araï*..... 10

Il est très-haut, et s'étend à 40 verst à droite et à 30 à gauche du chemin; sa largeur est de 20 verst.

On passe le Kyzyl araï, et on va au gué du *Yanghi-ychkou*..... 20

Cette rivière vient du mont *Kyzyl araï* et tombe à gauche du chemin dans le *Tokrav*.

Du Yanghi-ychkou au gué du *Tokrav*..... 10

La rivière vient de la droite, sur une distance de 150 verst du campement *Karkarala*, et se perd à gauche dans la steppe. Le chemin qui conduit a Tachkend se

verst.

réunit dans ce gué à un autre qui vient en droiture de *Tchougoutchak* (ou *Tarbagatai*).

Du Tokrav à la cime haute et ronde du mont *Yalpak kaïn*, qui est tout près du chemin à gauche, et a environ un verst de circonférence..... 20

Du Yalpak kaïn à la seconde rivière *Yabintchi*..... 15

Elle est très-petite et se perd dans la steppe. A la droite du chemin et sur ses bords est le mont *Altyn sandyk* peu élevé, qui occupe un circuit de 20 verst.

Du second Yabintchi au mont *Aktcha-tau*.. 10

Il est haut et situé à droite du chemin; sa largeur est de 20 verst; il s'étend à 100 verst dans la steppe, jusqu'aux trois rivières *Nory*.

De l'Aktcha-tau au passage de la haute montagne *Kiik baï Kiesken naïza*..... 20

Cette montagne a là 15 verst de largeur et s'étend à droite à 30 et à gauche à 10 verst dans la steppe.

Du Kiik baï Kiesken naïza à la source *Talboulak* (des saules de sable)..... 15

De Tal-boulak à la rivière *Tchoumèk*, qui se

verst.

perd dans la steppe..... 20

Du Tchoumèk à la haute cime *Bopy*, située à gauche du chemin et ayant 100 verst de circuit..... 20

Du Bopy à la petite rivière *Moyounty*, qui se perd dans la steppe..... 8

Du Moyounty au mont *Tesken terek*..... 15

A l'endroit où on le passe, il a 10 verst de large et s'étend à 25 à gauche et à 30 à droite du chemin.

Du Tesken terek à la source *Taïyatkan Tchounak*, entourée de bouleaux assez hauts..... 15

D'ici le chemin tourne plus au sud.

De Taïyatkan tchounak au gué de la petite rivière *Douvantchi*, qui se perd dans la steppe..... 20

Du Douvantchi à la très-petite montagne *Koïlybaï boulat*..... 20

Du Koïlybaï boulat à la source *Aïna-boulak*..... 10

D'Aïna-boulak au mont *Irenètyï*..... 40

Au lieu du passage, ce mont a 10 verst de largeur, et il s'étend 15 verst à droite et 80 à gauche.

Du col de l'Irenètyï à la source *Iartach*..... 10

Ici commence la steppe, mais sans pâtu-

verst.

rages. L'eau de la source est amère.

Du Iar-tach à la source *Kok yroum*..... 20

De Kok yroum à la source *Tauch boulak*... 20

Du Tauch boulak à la source *Tcheganak*.... 40

A une distance de 8 verst à gauche du chemin coule la rivière *Tchoui*.

Du Tchegauak au gué appelé *Kyzyl yaïma* du Tchoui..... 15

Cette rivière, assez large, vient de l'orient et des monts Ala-tau, et tombe dans le Lac *Aral*. (C'est une erreur, le Tchoui n'atteint pas l'Aral, mais se perd dans le Lac *Kaban koulak*). Le Tchoui est à la gauche du chemin et forme la frontière du territoire de *Kokand*.

Un chemin conduit ici tout droit à la ville de Turkestan en six journées.

Du gué Kyzyl yaïma au *second* ou *petit Tchoui*, qui se jette dans le grand *Tchoui*..... 15

Du second Tchoui au marais *Touma*..... 15

Il est petit et rond; à gauche du chemin et a 2 verst de circuit.

Du Touma au lac *Tchegank Karakoul*..... 40

Le lac est à gauche du chemin, a 60 verst de largeur, et s'étend à l'est sur une longueur de 150 verst. Au milieu sont plusieurs petites îles. (Ce lac est, à

verst

ce qu'il paraît, figuré sus la carte de Pansner comme formé de plusieurs petits lacs, nommés Kara-koul et situés par 44° lat. et 71° long.)

Du Tcheganak Kara-koul à la source *Klyï*... 15

Du Klyï à *Tchoulak kourgan*..... 20

C'est la première forteresse du territoire de Kokand; elle est petite et n'a que 100 habitants.

De Tchoulak kourgan au *Kara-tau* (mont-noir)..... 20

C'est la haute chaîne de montagnes située au nord de la ville de Turkestan).

On passe le Kara-tau et on va jusqu'à la source *Ming-boulak*..... 20

La chaîne du Kara-tau s'étend très-loin à l'ouest jusqu'au fleuve *Syr*; à gauche du chemin elle finit à 15 verst. (*Ming boulak* signifie les mille sources.) Sur la carte de Pansner le Ming boulak est représenté comme une rivière qui prend sa source au Kara-tau, coule au sud-ouest, et tombe dans le lac *Tchaldy*.)

Du Ming boulak à la petite rivière *Araslan*.. 20

Les monts *Ala-tau* restent à 50 verst à gauche. (L'*Araslan* paraît être l'*Aras-*

verst.

lakly de la carte de Pansner, où il est représenté comme se jetant dans le *Syr-daria* à droite).

De l'Araslan à la rivière *Tchayan*..... 15

Du Tchayan à la rivière *Bougoun*..... 15

(Sur la carte de Pansner *Bagoun-tchayan* ou *Talach*).

Du Bougoun à la rivière *Arych*..... 20

(Elle est indiquée sur la carte de Pansner).

De l'Arych à la rivière *Yanghichka*..... 10

De la Yanghichka à la rivière *Badam*..... 20

Ces cinq rivières sont peu considérables aux endroits où on les passe; elles viennent de la gauche et des monts Ala-tau, et se perdent à droite dans la steppe. (La carte de M. Pansner donne au *Badam* le nom de *Bazam*; il reçoit l'Arych et se jette dans le Batych, qui de même que le *Bougoun* se joint au *Syr-daria*).

On suit le cours du Badam jusqu'à la ville de *Tchengend*..... 20

Elle n'est pas grande, n'a que 200 maisons et 700 habitants. Les monts Ala-tau restent à 30 verst à l'est de Tchengend.

verst.

De Tchengend à la source *Ad-boulak*..... 20

Cinq verst à gauche du chemin est le *Kazy kourt*, haute montagne qui finit à l'Ala-tau.

De l'Ad-boulak à l'*Yanghichka*..... 10

De l'Yanghichka au gué du *Kalès*..... 10

Cette rivière est assez considérable, elle vient des monts Ala-tau. (Sur la carte de Pansner, *Keles* ou *Arych*.)

Du Kalès à la source *Ak-yar* (bord blanc)... 20

Le Kalès est à 2 verst à droite.

De l'Ak-yar au mont *Kanrag*..... 15

Il est petit et situé à droite du chemin. La rivière Kalès est à droite, tout près du chemin.

Du Kanrag à la ville de *Tachkend*..... 15

Elle est grande, mais irrégulièrement bâtie; les rues sont étroites, et sa circonférence peut être de 30 verst. On y compte 15000 maisons, à peu près 100,000 habitants et 320 mosquées. C'est la résidence d'un *Kouch-bek* ou gouverneur; elle appartient au khan de Kokand.

TOTAL..... 1,005

IV. — Route de Tachkend a Kokand, 5 journées au sud.

verst.

De Tachkend au gué du *Tchirtchik*..... 12

Cette rivière vient de l'Ala-tau et tombe dans le *Syr*. Selon Pansner *Tcherdyk* et *Tchïderik*: pas à confondre avec le *Tchirtchik*, t. III, p. 379.

Du Tchirtchik au village de *Tléou*..... 40

Il est assez grand et situé sur la rivière *Angrau*, qui vient également de l'Ala-tau et tombe dans le Syr. (Sur la carte de Pansner elle est appelée *Kangara*.)

De Tléou, le long de la rivière Angrau, au mont *Davan*..... 23

La rivière reste à 15 verst à gauche de ce mont. (*Davan* ne paraît pas être un nom propre, ce mot désigne tout passage qui monte au sommet d'une montagne et en descend de l'autre côté.)

Du passage du mont Davan au village *Chaïdan*..... 25

Ce mont a, au passage même, 5 verst de largeur; il s'étend à 50 verst à droite et à 50 à gauche du chemin, où il se réunit à la chaîne de l'Ala-tau.

verst.

De Chaïdan au passage du *Syr*..... 15

Ce fleuve est considérable, a un demi-verst de largeur et traverse les monts Ala-tau.

Du Syr à la ville de *Kokand*..... 33

TOTAL..... 150

La ville est grande, et a environ 15,000 maisons, 100,000 habitants et 300 mosquées. Elle est située sur une petite rivière. C'est la résidence de *Mohammed Alp khan* (?). Les douze villes principales de l'état de Kokand sont : *Morglang*, *Andydjan*, *Nomangan*, *Ouch*, *Tchouch*, *Tachkend*, *Khodjend*, *Oratupa*, *Turkestân*, *Kanbadam*, *Ispar* et *Langachahr*.

V. — ROUTE DU TCHOUI A TURKESTAN, SIX JOURNÉES A L'OUEST.

Du Tchoui et le long de la rive droite de cette rivière jusqu'à la source *Tachout-koul*..... 30

Cette source à droite du chemin, est assez éloignée du Tchoui.

Du Tachout-koul au fort *Souzak*..... 50

Il est petit et n'a que 100 maisons

verst.

(il est marqué sur la carte de M. Pansner).

De Souzak au mont *Kara-tau*..... 25

Du col du Kara-tau, qu'on traverse, à la source *Sandyk-achou*..... 50

Du Sandyk-achou à *Turkestân*..... 20

TOTAL..... 175

VI. — ROUTE DE SEMIPOLATINSK A KOULDJA, VINGT-CINQ JOURNÉES A L'EST (AU SUD-EST).

De Semipolatinsk à la colline *Maya-tach*... 100

Je n'ai pas mentionné toutes les petites sources où les caravanes s'arrêtent pour donner à manger aux animaux et pour y passer la nuit.

Du Maya-tach au *Balykte-koul* (le lac poissonneux)..... 25

Du Balykte-koul à la source *Djarma*..... 25

Du Djarma aux deux montagnes *Kandegataï* et *Aldjan*..... 25

Elles sont assez hautes et s'étendent très-loin dans la steppe. L'Aldjan est à 2 verst à droite du chemin; et le Kandegataï à une pareille distance à gauche.

Du Kandegataï au lac *Sawande koul*..... 25

Il est situé à gauche du chemin, a

verst.

1 verst de largeur et 2 de longueur. A côté est la haute cime *Kouch-mourouп* (bec d'oiseau, indiquée sur la carte de Pansner).

Du Sawande koul à la cime *Biyachmas*..... 25

Elle reste à droite du chemin et est assez élevée.

Du Biyachmas au gué de la rivière *Ayagous*. 25

De l'Ayagous au gué de l'*Oulan-koul* (rivière rouge)..... 35

De l'Oulan-koul au mont *Kotel*..... 15

Il est assez haut, et reste à 2 verst à droite du chemin ; il se réunit à la chaîne du *Tarbagataï*.

Du Kotel au gué de la rivière *Ouroundjar*... 40

(Sur la carte de Pansner *Ourdjar*.)

De l'Ouroundjar au gué de la rivière *Khotan-sou*..... 25

(Mieux nommée *Khatyn-sou*, sur la carte de Pansner.)

Du Khotan-sou au gué de la rivière *Emyl*[1]... 30

Ici le chemin qui conduit de *Tchou-*

[1] Voyez, sur Omyl, Imyl et la *montagne des vents*, la savante édition de Plano Carpin de M. d'Avezac, dans le *Recueil de Voyages publiés par la Soc. de Géographie* de Paris, t. IV, p. 571. (H—t.)

verst.

goutchak à *Kouldja* se joint à la route. (L'*Emyl* est nommé *Imily* sur la carte de Pansner.)

De l'Emyl au lac *Ala-koul*..... 60

Il est à droite du chemin, a 50 verst de largeur et 100 de l'ouest à l'est. Au milieu est une cime très-élevée, appelée *Aral-Tubé*.

De l'*Ala-koul* au lac *Ialanach-koul*..... 20

Il reste à droite du chemin, et a 8 verst de longueur sur 2 de largeur. (Ce lac est marqué sur les cartes chinoises et mandchoues, au sud-est et à peu de distance de l'*Ala-koul*, ou *Alak-tougoul-noor*[1]; il y porte le nom mongol d'*Ebilghisoun noor*. *Ialanach-koul* est un nom kirghiz ou turc; car, dans cet idiome, *koul* signifie lac.)

Du Ialanach-koul au corps-de-garde chinois..... 55

A droite du chemin est le mont

[1] Comparez plus haut, sur l'Aral-tubé et le Lac Alakoul, t. II, p. 66-68 et 84-89. M. Schrenk, voyageur courageux et instruit, est parvenu récemment, en 1841, à visiter l'îlot Aral-Tubé dans le Lac Alakoul; il n'y a reconnu aucun indice volcanique. (H—t.)

verst.

Kantygaï, qui s'étend fort loin dans la steppe. (Le *Kantygaï* paraît être le *Sou dabahn* des cartes chinoises, qui sépare les affluents du bord méridional du Lac Ala-koul des petites rivières qui coulent au sud et se jettent dans le *Boro tala*.)

Du corps-de-garde chinois au gué de la rivière *Boura tara*, où demeurent des Kalmuks. (*Boura tara* est une erreur, pour *Boro-tala*, c'est-à-dire plaine grise.) 25

Du Boura tara au mont *Kandjega*..... 20

Il est assez élevé, a 10 verst de largeur à l'endroit où on le traverse, et s'étend très-loin à gauche et à droite dans la steppe. (Ce mont porte sur les cartes chinoises un nom mongol *Gandjougan babahn*.)

Du Kandjega au lac *Sairam koul*..... 25

Ce lac est à droite du chemin, a 60 verst de long et 20 de large. (*Sairam koul* signifie lac de la Concorde; il est appelé sur les cartes mandchoues *Saïrim noor*, et se trouve également indiqué sur la carte de M. Pansner.)

Du Saïram koul au mont *Talkhi*..... 15

verst.

Ce mont est assez haut; il s'étend à gauche et à droite du chemin, et a 20 verst de largeur à l'endroit où on le traverse. (Sur les cartes chinoises *Talki o ola;* au nord on y voit le corps-de-garde de *Talki,* qui est aussi indiqué chez M. Pansner.)

Du Talki à la douane chinoises de *Sar boulak* (chez Pansner mieux *Sary boulak*, source jaune) 35

De Sar boulak à *Kachimir bouré* (chez Pansner *Kachmir*) 20

C'est la même ville[1] qui porte sur les cartes chinoises le nom de *Soui ting tchhing;* elle est située sur le *Talki* ou *Sary boulak*, rivière qui se réunit au *Baïnda.*)

De Kachimir bouré à *Kouldja* 15

TOTAL 665

La ville est passablement grande, a 20000 habitants et 5000 maisons. Elle est située sur l'*Ilè* (Ili); c'est la

[1] Ce *Kachmir* se trouve aussi indiqué dans le voyage de *Putinstev à Gouldja*, dans *Mag. Asiat.* t. I, p. 105. (H—t.)

verst.

résidence du *Djanjoum* (Tsiang kiun) ou général chinois. (Le nom chinois de *Kouldja* ou *Ili* est *Hoei yuan tchhing*.)

C'est par erreur (?) qu'on donne le nom de *Kouldja* à cette ville. C'est une ancienne ville chinoise, et les Chinois l'appellent *Koura*. (Ceci est aussi une erreur: *Koura* ou *Kourè* signifie en mongol campement du khan.) La ville de *Kouldja*[1], qui appartenait autrefois à l'état de Kachkhar, est à 35 verst à l'est de Koura. L'Ilè coule à 5 verst à gauche de Kouldja.

Les villes de *Kachkhar*, *Yarkend*, *Khoten*, *Ak-sou*, *Koutché*, *Kouldja*, *Kouné Tourpan* (le *Vieux Tourfan* de nos cartes) et *Ouch Tourphan*[2] retom-

[1] Comparez Klaproth, *Mag. asiat.* t. I, p. 174 et 214, aussi *Mém. relatifs à l'Asie*, t. II, p. 362, et Ritter, *Asien*, t. I, p. 402. (H—t.)

[2] Il ne faut pas confondre dans la géographie de l'Asie centrale *Ouchi*, 30 lieues à l'ouest d'Aksou, et *Och*, situé sur la petite rivière d'Andedjan, affluent du Sihoun ou Syr-deria. Ouchi est une abréviation d'*Ouch-Tourphan* (*Oucheï* de Mailla, t. IX, p. 575, lat.

vers1.

bèrent, il y a quatre-vingt-sept ans, sous la domination chinoise. Elles appar-

40°6 ?), situé sur la rive droite d'un affluent du Tarim, c'est-à-dire d'un système hydraulique dont le cours est opposé à celui du Sihoun. *Och* est le Gaoché de Mailla. Si Andoudjân (Antchiien, Antechyen des PP. Jésuites, *Mém. concernant les Chinois*, t. I, p. 393), éloigné d'Och de 4 *agatch* ou 4800 pas (Klaproth, *Mém. rel. à l'Asie*, t. II, p. 140), vers le N.O. est par 41°28′ de lat., la ville d'Och ne peut être aussi méridionale que 40°19′, position du Père Mailla que j'ai citée plus haut en parlant de la *Tour de Pierre* de Ptolémée (t. I, p. 134). J'ai préféré placer Ouch Tourphan et la ville d'Och (Gaoché) un peu au-dessus du parallèle de 41°. M. Klaproth offre dans la carte de l'empereur Khianloung 41°30′ pour Och et 41°5′ pour Ouch Tourphan. M. Zimmermann a déjà rappelé très-judicieusement qu'en ayant recours aux véritables sources, et en comparant les assertions contradictoires, on reste en doute sur les latitudes de Samarkand et de Kokand (*Geogr. Analyse der Karte von Inner Asien*, p. 15, 32 et 34). Ces deux dernières villes sont, d'après l'observation du P. Félix Arocha, lat. 43°3′ et 41°23′. La carte de Meyendorf a pour Kokand 40°48′; M. Erman (t. I, p. 487) suppose même Kokand 40°7′; Tachkend, 41°9′, et Bokkara, 39°1′. Les observations astronomiques de Burnes placent Bokhara 39°43′. Le *Tourfan* de nos cartes, entre Karachar et Pidjan, se trouve situé, selon

verst

tenaient auparavant au khan de Kachkhar *Ai kodja*, dont le descendant *Djianghir khodja* se révolta en 1826 contre les Chinois. Il fut battu par ceux-ci au mois de mars 1827, et conduit prisonnier a Peking. On ne sait pas s'il vit encore. (Il y fut coupé en morceaux comme rebelle.)

VII.—Route du fleuve Ilè a la ville d'Ouch tourfan, cinq journées.

Du fleuve Ilè (Ili) à la cime *Piasly* (des ognons)[1]..... 40

Cette montagne, haute et ronde, est à gauche et tout près du chemin.

Du Piasly au passage de la montagne *Toura aïgour*..... 35

Elle a ici un verst de largeur, et s'étend très-loin à droite et à gauche du chemin.

le P. Souciet (*Obs.* p. 290) par lat. 43°3'. C'est le Touloufan des géographes chinois. (H—t.)

[1] Il faut noter que ce routier ne part pas de Kouldja, mais d'un lieu situé beaucoup plus bas sur l'Ilè. (Kl.)

versi.

Du Toura aïgour à la source *Utch Merké* (les troie Merké)..... 35

(Sur les cartes chinoises, cette source est nommée *Berké* et se jette dans le *Tcharin*, affluent de gauche de l'Ili.) On y voit, près du chemin, trois petites collines.

D'Utch Merké à la source *San tach*..... 55

(*San tach*, le rocher San, en kirghiz, s'appelle en mongol *Son tach obo* ou la colline du rocher San; c'est sous ce nom qu'il se trouve indiqué sur les cartes chinoises, à la source du *Modoton boulak*, affluent du *Toub* qui se jette dans le Lac *Issi koul*. La route passe devant un corps-de-garde chinois du même nom, situé au sud-est de la colline, à la source du *Gourbandjer-ghi*, qui, avec le *Kharkira*, forme le *Tcharin*.) Ici commencent les monts Ala-tau; ils ont 20 verst à l'endroit où on les traverse, et s'étendent très-loin à droite et à gauche du chemin.

Du San tach, par les monts Ala-tau, au gué de la rivière *Toub*, qui n'est pas très-considérable..... 40

(Le Toub coule de l'est à l'ouest et

verst.

tombe dans le coin nord-est du Lac *Issi-koul.*)

Du Toub au Lac *Issi-koul*..... 25

Ce lac est à droite du chemin; il a 50 verst de largeur et 180 de longueur.

Le long de l'Issi-koul au mont *Dungoroma*.. 45

Il a 5 verst de largeur à l'endroit où on le traverse, et s'étend à droite et à gauche. Ici on quitte le lac, qui reste à droite du chemin. (C'est vraisemblablement la même montagne qui, sur les cartes mandchoues, porte le nom de *Dzookha dabahn.*)

Du Dungoroma au mont *Sankou*..... 20

Il est assez haut, a 10 verst de largeur au passage, et s'étend à droite et à gauche dans la steppe.

De Sankou à la caverne du rocher *Oungour-tach*..... 50

D'Oungour-tach au mont *Kilip-taïgak*, qui reste à droite du chemin et est assez haut. 25

Du *Kilip-taïgak* au mont *Bedel dovan*..... 30

Il est élevé et s'étend à droite du chemin, puis au loin dans la steppe.

Du Bedel dovan à la petite rivière *Taldy*.... 20

Du Taldy au corps-de-garde chinois..... 25

	verst.
De ce corps-de-garde à *Ouch tourpan*.....	25
TOTAL.....	470

La ville n'est pas grande, a 600 habitants et est située sur la rivière *Yourgalan*.

Outre *Ouch tourpan*, il y a encore *Kouné Tourpan* ou le *Vieux Tourpan* (la célèbre ville de *Tourfan* indiquée sur nos cartes); à 40 journées de distance vers l'E. S. E. de Kouldja. C'est une très-ancienne ville chinoise.

VIII. — DE LA VILLE D'OUCH TOURPAN A AK-SOU, TROIS JOURNÉES A L'EST.

D'Ouch Tourpan au mont *Atché tau*.....	20
De l'Atché tau au gué de la rivière *Tauchkhan* (le lièvre).....	10
Du Tauchkhan au gué de la petite rivière *Komaryk*.....	25
Du Komaryk à la ville d'*Ak-sou*.....	25
TOTAL.....	80

La ville est grande et située sur la rivière *Yangou*[1]; elle a 6000 habitants et 1000 maisons.

[1] Selon la carte de l'empereur Khian-loung, la

IX. — D'Ak-sou a Kachkhar, quinze journées au sud-ouest.

	verst.
D'Ak-sou au village *Kalender khanah*, traversé par la rivière *Komaryk*.....	20
De Kalender khanah à la petite forteresse d'*Aï-koul*.....	20
D'Aï-koul à la petite ville d'*Iagaryk*.....	20
De Iagaryk au village *Bych-kotouk*.....	20
De Bych-kotouk au village *Otous kimé*.....	20
D'Otous kime au village *Yerendé*.....	20

rivière d'Aksou se forme par la réunion du Koukous-sou et du Temouroussou. Elle appartient au système hydraulique du Lac Lop. La latitude de la ville d'Ak-sou est, selon l'observation des PP. Jésuites, 41°9′. « *The Russian cafilas or caravans come to Ak-Tsuh* (the white River) *which is* 20 *days march, eastward of Yarkund* (N. E.!) *bringing with them boxes, arms, cloths* and for *which they receive back tea, silks and other productions of China*. But they are not allowed, I was informed, *to cross* the river and proceed *eastward*. » Telles sont les notions que M. Vigne put recueillir au Petit Tubet sur le commerce des Russes. (*Travels in Kashmir*, p. 366). Le 9e itinéraire qui suit immédiatement, prouve que le commerce des Russes dépasse de beaucoup la rivière d'Aksou. (H—t.)

verst.

De Yerendé au fort de *Tchaï chirin* (rivière douce)..... 20

Il est peu considérable.

De Tchaï-chirin au petit fort de *Kouk-tchoul* (plaine bleue)..... 20

De Kouk-tchoul au village de *Baïtchouk*.... 20

Il est situé sur un petit lac qui reste à droite du chemin.

De Baïtchouk au village *Maral bachi* (tête de cerf)..... 20

A droite du chemin coule le *Kezyl daria* (fleuve rouge).

De Maral bachi au village *Kezyl daria*..... 20

La rivière de ce nom coule à droite du chemin.

De Kezyl daria, le long de la rivière, jusqu'au village *Boston togarak*..... 30

Ici le Kezyl daria s'éloigne beaucoup de la droite du chemin.

De Boston togarak au petit fort de *Iangabad*. 80

De Iangabad à la petite ville de *Faiz-abad*..... 20

De Faiz-abad au fort de *Chaptoul* (pêche)... 10

Il est petit et situé sur le bord du Kezyl daria.

De Chaptoul à la ville de *Kachkhar*..... 40

TOTAL..... 400

X. — Route de Semipolatinsk a Tchougoutchak, 12 journées au sud-sud-est.

verst.

Du Semipolatinsk au lac *Karawan-koul*.... 40

Il est à droite du chemin, a un verst de longueur et un demi de largeur.

Du Karawan-koul au gué de la rivière *Tchar-kourban*..... 15

Elle vient du mont Kalby, à droite du chemin, et tombe à gauche dans l'Irtyche, vis-à-vis du village de *Choulba*.

Deux verst à gauche du chemin est la haute cime ronde appelée *Soloutchakot;* 6 verst plus loin, et sur le chemin, finit la haute montagne *Telbegeteï*, qui a 6 verst de largeur et s'étend à 15 verst à l'est.

Du Tchar-kourban qui coule non loin du chemin à droite, jusqu'au second gué où on le passe..... 70

Ici commence le mont *Kolba* qui s'étend 30 verst à gauche et à droite très-loin dans la steppe.

Du Tchar-kourban jusqu'à l'autre côté du mont *Kolba*..... 30

A 6 verst plus loin, tout près et à gauche du chemin est une colline très-

verst.

haute et ronde appelée *Talagaï*. A droite du chemin est le haut *Karadjal*, montagne de 5 verst de longueur et de 2 verst de largeur.

Du Kolba au gué de la rivière *Bougan Tchighelyk*, qui reste à droite du chemin..... 20

(Sur la carte de Pansner, *Tchegydyk*).

Du Bougan Tchighelyk en longeant cette rivière au second gué du *Youz-agatch*..... 25

Cette rivière se perd à gauche dans la steppe (*Youz-agatch*, ou les cent arbres, en kirghiz, paraît ne pas être le nom de cette rivière, mais celui d'un lieu[1] situé au sud de son coude le plus septentrional, qui a communiqué cette dénomination au corps-de-garde chinois

[1] C'est le Djus-agatch au sud de Kokbektinskoi-Otrjad d'où M. Fedorow a commencé son importante mesure du Tarbagataï (Struve, *Vorläufige Bericht über Fedorow's astro. Arbeiten*, p. 88). Il ne faut pas confondre cette station des *cent arbres* avec celle du même nom située beaucoup plus au sud, sur la rive gauche de l'Ayagouz, à peu près 25 verst au N. E. du Lac Balkhache (Struve, p. 53). (H—t.)

verst.

Gaktchikan modo daboutou, appelé par les Kirkghiz *Youz-agatch* ou *Djuz-agatch*[1]. Elle est nommée *Abdar modo gol* sur les cartes chinoises, et sur celle de M. Pansner, *Bougoutchik*, *Kokboutkhty*, ou *Koupkak*.)

Du Youz-agatch au gué du *Bougach*..... 40

(Sur les cartes chinoises, *Bogassi*, chez Pansner, *Bougas*.)

Du Bougach au gué du *Bazar* (nommé de même sur la carte de Pansner)..... 20

Du Bazar au gué du *Karbouga* (Pansner : *Karabouga*)..... 20

Ces rivières viennent du mont *Tarbagataï* et tombent dans le lac *Dzaïsang-noor*.

Du Karbouga au lac *Kitchkenè-koul*..... 25

Il est situé à gauche, a un quart de verst de largeur et autant de longueur.

Du Kitchkenè-koul au corps-de-garde chinois *Kabar karaoul*..... 25

(Sur les cartes chinoises *Karbakha karaoul*.)

[1] Près de l'extrémité occidentale du Lac Sayean. (H—t.)

verst.

Ici commence le mont *Tarbagataï*.

De Khabar karaoul à *Koumirtchy*..... 20

(Sur les cartes chinoises, *Dzimorsek*, chez Pansner, *Koumyrtchy*.)

Ici, les Chinois font du charbon.

De Koumirtchy au corps-de-garde chinois *Bakta karaoul*..... 20

(Sur les cartes chinoises, *Baktou karaoul*.)

De Bakhta karaoul à *Tchougoutchak* (ou *Tarbagataï*.)..... 17

La ville est fortifiée et peu considérable; elle est située sur la rivière Khabar, a 500 maisons et environ 3000 habitants. C'est la résidence d'un *amban* ou gouverneur chinois (mandchou).

TOTAL..... 387

(Une description détaillée de cette route, par M. *Poutimtsev*, se trouve dans le premier volume du *Magasin asiatique* de Klaproth.)

XI. — DE LA VILLE DE KOURA (KOULDJA), A AKSOU, 15 JOURNÉES A L'EST (AU SUD-OUEST).

De Koura au gué de la rivière *Ilè* (Ili)..... 15

verst.

De l'Ilè au village de *Kaounlouk* (des melons, en kirghiz)..... 10

De Kaounlouk au mont *Sor davan*..... 10

Il est assez élevé, et large de 5 verst à l'endroit où on le traverse; il s'étend à droite et à gauche dans la steppe.

Du Sor davan au village de *Djandjoun tuchkan*..... 20

De Djandjoun tuchkan au fort de *Djaïpan*.. 25

De Djaïpan au corps-de-garde chinois *Dostar bach*..... 25

De Dostar bach au village d'*Okarle*..... 25

D'Okarle au gué de la rivière *Tekes daria*... 15

(D'après les cartes chinoises, ce gué est au sud du corps-de-garde de *Tekes karaoul*.)

Du Tekes daria au corps-de-garde *Chatou*... 10

(Sur les cartes chinoises, *Chatou saman karaoul*.)

De Chatou aux sources chaudes *Arachan*... 15

De ces sources au corps-de-garde *Khandjilaou*..... 25

(Ce corps-de-garde est appelé, sur les cartes chinoises, *Gaktcha kahrkhaï*.)

De *Khandjilaou* aux monts *Djeparlé*..... 20

Ces monts sont couverts de *neiges et de glaces perpétuelles*; ils s'étendent

verst.

très-loin à droite et à gauche, et ont 15 verst de largeur à l'endroit où on les passe. On y voit des ruines d'anciens tombeaux le long du chemin.

(C'est le *Moussour dabahn* des cartes chinoises.)

Du Djeparlé à la source *Bata myz*..... 20

Du Bata myz au corps-de garde *Tamga tach* (ou *Terme khada*)..... 10

De Tamga tach au mont *Tereketé*, qui n'est pas très-haut et reste à gauche du chemin..... 15

De Tereketé au corps-de-garde *Kaïndé*..... 20

De Kaïndé au corps-de-garde *Turpa gad*... 15

De Turpa gad à l'*Arbad*, montagne de sel gemme..... 40

Cette montagne s'étend à droite et à gauche du chemin et a 10 verst de large à l'endroit où on la traverse.

(Cette montagne de sel est située sur la petite rivière du même nom, appelée aussi *Arbak*, et qui se jette dans le lac *Aksa koul*. Une montagne de sel moins considérable se trouve sur la même rivière, à environ 5 lieues plus bas. Une troisième mine de sel gemme, qui passe pour inépuisable, est adossée au mont *Masseï*

verst.

tagh, qui appartient à la chaîne de Moussour ou Thian chan; elle est à 5 journées d'Ak-sou.)

De l'Arbad au village *Kyzyl-sou* (eau rouge)..... 25

De Kyzyl-sou au village *Chelantchi*..... 20

De Chelantchi à la ville d'*Ak-sou*..... 20

TOTAL..... 400

« Dans tous ces routiers, dit M. Klostermann, les journées sont indiquées de différentes manières, et je les ai calculées d'après les moyens de transport employés par les voyageurs. A cheval, quand on ne porte pas de marchandises, et que l'on ne conduit pas du bétail, on peut naturellement aller beaucoup plus vite que lorsqu'on voyage avec un troupeau, et s'arrête souvent pour faire un commerce d'échange. »

« Les anciennes cartes indiquent à côté de l'*Alak-oul* un autre lac plus grand, l'*Alak tougoul*, mais aucun des habitants (?) ne connaît [1] l'existence de ce dernier. »

[1] M. Schrenk va bientôt répandre une nouvelle lumière sur la topographie de ces contrées.

SECONDE SÉRIE.

De Semipolatinsk à Tchougoutchak, Kouldja et Khobdo; de Kouldja à Péking; de Petropavlovsky à Tachkend, Kokand et Kachghar.

[Cette seconde série d'Itinéraires a été recueillie par M. de Korolenko, conseiller-d'état, chargé de la direction des douanes de Sibérie. Je la dois comme tant d'autres renseignements précieux, à la bienveillance de M. le comte de Cancrine, ministre d'état au département des finances à Saint-Pétersbourg. Il a bien voulu me la transmettre dans une traduction allemande, en septembre 1832. Tout ce qui se trouve entre deux parenthèses, a été ajouté par moi.]

I. Route de Semipolatinsk aux villes frontières de la Chine, Tchougoutchak et Kouldja.

verst.

De Semipolatinsk à *Bestchouk*..... 25

C'est le nom d'une colline. Chemin à travers la plaine. Plusieurs puits. Pas d'arbres. Les nomades du district Ouvakow y font paître leurs troupeaux.

De *Bestchouk* à *Kolba*..... 107

Savoir : au premier Tchar 25 verst
Du premier au second Tchar 27

Du second au troisième 30

Du troisième au quatrième 27

Steppe nue, où s'élèvent quelques arbrisseaux de Robinia caragana. La petite rivière de Tchar (Tchargourban de la carte de Klaproth) se jette dans l'Irtyche (près de Talitskoi). Les Kirghiz pasteurs de la steppe sont encore de la tribu d'Ouvakow.

Du quatrième *Tchar* à la rivière de *Kolba*... 30

La rivière de Kolba naît dans les montagnes. La route traverse des bois de bouleaux et de hêtres. La plaine se couvre de quelques collines.

De la rivière *Kolba* au sommet de la montagne de ce nom..... 35

Piquet de 12 Cosaques russes. Beaucoup de sources. Des chariots pourraient traverser la montagne.

Du Mont *Kolba* aux sources de *Tchagalyak*. 30

Les pâturages appartiennent aux nomades du district de Mourin.

De Tchagalyak (Tchighelyk?) à la vallée de *Jusagatch*..... 35

Une source dont les eaux, à quelque distance, s'engouffrent de nouveau. Bois de tilleuls et de saules (Cette station ne serait-elle pas identique avec le Djus-

verst.

agatch du 10e itinéraire de la *première série*?).

De Jusagatch à *Stan*..... 20

Plaine sans eaux et sans bois.

De Stan à *Bougass* (Bougach?)..... 20

Un puits au milieu d'une plaine sans herbe.

De Bougass à la rivière *Bazar*..... 20

Les eaux viennent à 25 verst de distance de la chaîne du Tarbagataï. Les Kirghiz de Murine cultivent un peu de froment et du millet.

De Bazar à la rivière de *Karbaga* (Karabouga?). 15

Très-bonne terre arable.

De Karbaga à *Deviska*..... 20

C'est une petite rivière qui naît à la pente du Tarbagataï. Peu de bois. Des pâturages entremêlés de champs, les uns et les autres appartenant aux Kirghiz du district de Baishighit.

De Deviska à la rivière *Kouldaljan*..... 25

De Kouldaljan au *Mont Tarbagataï*..... 25

Les caravanes doivent décharger les chameaux à la descente pendant 4 verst. Les Kirghiz nomades de Baishighit offrent leur aide pour une légère rétribution.

Du second au troisième 30

Du troisième au quatrième 27

Steppe nue, où s'élèvent quelques arbrisseaux de Robinia caragana. La petite rivière de Tchar (Tchargourban de la carte de Klaproth) se jette dans l'Irtyche (près de Talitskoi). Les Kirghiz pasteurs de la steppe sont encore de la tribu d'Ouvakow.

Du quatrième *Tchar* à la rivière de *Kolba*... 30

La rivière de Kolba naît dans les montagnes. La route traverse des bois de bouleaux et de hêtres. La plaine se couvre de quelques collines.

De la rivière *Kolba* au sommet de la montagne de ce nom..... 35

Piquet de 12 Cosaques russes. Beaucoup de sources. Des chariots pourraient traverser la montagne.

Du Mont *Kolba* aux sources de *Tchagalyak*. 30

Les pâturages appartiennent aux nomades du district de Mourin.

De Tchagalyak (Tchighelyk?) à la vallée de *Jusagatch*..... 35

Une source dont les eaux, à quelque distance, s'engouffrent de nouveau. Bois de tilleuls et de saules (Cette station ne serait-elle pas identique avec le Djus-

verst.

agatch du 10e itinéraire de la *première série*?).

De Jusagatch à *Stan*..... 20

Plaine sans eaux et sans bois.

De Stan à *Bougass* (Bougach?)..... 20

Un puits au milieu d'une plaine sans herbe.

De Bougass à la rivière *Bazar*..... 20

Les eaux viennent à 25 verst de distance de la chaîne du Tarbagataï. Les Kirghiz de Murine cultivent un peu de froment et du millet.

De Bazar à la rivière de *Karbaga* (Karabouga?). 15

Très-bonne terre arable.

De Karbaga à *Deviska*..... 20

C'est une petite rivière qui naît à la pente du Tarbagataï. Peu de bois. Des pâturages entremêlés de champs, les uns et les autres appartenant aux Kirghiz du district de Baishighit.

De Deviska à la rivière *Kouldaljan*..... 25

De Kouldaljan au *Mont Tarbagataï*..... 25

Les caravanes doivent décharger les chameaux à la descente pendant 4 verst. Les Kirghiz nomades de Baishighit offrent leur aide pour une légère rétribution.

Du second au troisième 30

Du troisième au quatrième 27

Steppe nue, où s'élèvent quelques arbrisseaux de Robinia caragana. La petite rivière de Tchar (Tchargourban de la carte de Klaproth) se jette dans l'Irtyche (près de Talitskoi). Les Kirghiz pasteurs de la steppe sont encore de la tribu d'Ouvakow.

Du quatrième *Tchar* à la rivière de *Kolba*... 30

La rivière de Kolba naît dans les montagnes. La route traverse des bois de bouleaux et de hêtres. La plaine se couvre de quelques collines.

De la rivière *Kolba* au sommet de la montagne de ce nom..... 35

Piquet de 12 Cosaques russes. Beaucoup de sources. Des chariots pourraient traverser la montagne.

Du Mont *Kolba* aux sources de *Tchagalyak*. 30

Les pâturages appartiennent aux nomades du district de Mourin.

De Tchagalyak (Tchighelyk?) à la vallée de *Jusagatch*..... 35

Une source dont les eaux, à quelque distance, s'engouffrent de nouveau. Bois de tilleuls et de saules (Cette station ne serait-elle pas identique avec le Djus-

verst.

agatch du 10e itinéraire de la *première série*?).

De Jusagatch à *Stan*..... 20

Plaine sans eaux et sans bois.

De Stan à *Bougass* (Bougach?)..... 20

Un puits au milieu d'une plaine sans herbe.

De Bougass à la rivière *Bazar*..... 20

Les eaux viennent à 25 verst de distance de la chaîne du Tarbagataï. Les Kirghiz de Murine cultivent un peu de froment et du millet.

De Bazar à la rivière de *Karbaga* (Karabouga?). 15

Très-bonne terre arable.

De Karbaga à *Deviska*..... 20

C'est une petite rivière qui naît à la pente du Tarbagataï. Peu de bois. Des pâturages entremêlés de champs, les uns et les autres appartenant aux Kirghiz du district de Baishighit.

De Deviska à la rivière *Kouldaljan*..... 25

De Kouldaljan au *Mont Tarbagataï*..... 25

Les caravanes doivent décharger les chameaux à la descente pendant 4 verst. Les Kirghiz nomades de Baishighit offrent leur aide pour une légère rétribution.

verst.

Maisons 26. La population nomade de cette contrée consiste en 700 familles. Le sol est très-fertile et l'on trouve de belles cultures, car les Kalmuks sont pasteurs et cultivateurs à la fois.

D'Amolai-Tolkhi au piquet (*vorpost*) de *Sarboulak*..... 20

Maisons au nombre de 30. Encore 2 officiers de race chinoise. Les Kirghiz des environs forment une population de 2200 âmes. Les caravanes sont sévèrement fouillées en cet endroit par les douaniers.

De Sarboulak à la ville fortifiée de *Kossimwou*. 15

Les murs en pierre : la population de 4500 âmes. La garnison est de 200 hommes, commandés par un *kamba*. La ville de *Kossimwou* est entourée de beaux jardins et de vignobles. La route qui conduit à *Kouldja* est bordée de quatre rangées d'arbres; elle passe entre des canaux qui conduisent l'eau dans les réservoirs de la ville.

De Kossimwou à la ville *Gouldja*..... 10

Double muraille et en outre des palissades. Les places publiques sont toutes ornées d'arbres fruitiers. On ne compte

verst.

que 1500 (?) maisons et 15000 habitants. Un *Dshanshoun* gouverne la ville. La rivière d'Il (Ili) se jette dans le grand Lac *Baikham* (Balkache !), dans lequel entrent sept autres fleuves. La distance totale de Semipolatinsk à Gouldja est de 977 verst.

II. Route de Semipolatinsk a la ville chinoise de Khoeda (Gobdo-Khoto).

Les caravanes suivent d'abord jusqu'aux sources de *Tchagalyak*, au sud de la montagne de *Kolba*, la même route qui vient d'être décrite dans l'Itinéraire qui précède, de Semipolatinsk à Tchougoutchak : distance totale..... 227

A la station de *Tchagalyak* le chemin tourne vers l'est et conduit à la rivière *Bouken*... 10

Le pays, rempli de sources, offre à la fois des champs cultivés et les pâturages des Kirghiz Karaoulyassik appartenant au district Naiman.

De Bouken à *Irtyche-Taikitchou*..... 15

Forêts de tilleuls et de peupliers qui avoisinent le Haut Irtyche.

verst.

De Irtyche-Taikitchou au Mont *Dolonkara*. 30

Kirghiz du district Outeinaima.

De Dolonkara à la station d'hiver de *Kolbuty*. 12

De Kolbuty à *Boukel-Babotelau*..... 15

De Babotelau à la source du *Tamyr*..... 16

De Tamyr au piquet chinois de *Kaishir*.... 8

La rivière Kaishir sort des Monts Altaï. Le poste chinois est de 120 hommes armés de fusils et de flèches, commandés par un major (*kaikaldai*). Les Kirghiz des environs sont du district Kashaimet-Naiman.

De Kaishir à la rivière *Alkaben*..... 25

Le pays montueux est rempli de rennes, de zibelines, d'ours et de grands cerfs.

D'Alkaben à *Biasyk*..... 10

De Biasyk au puits de Saraboulak..... 10

De Saraboulak à la rivière *Kaba*..... 25

(Je trouve sous le nom de Kheba un petit affluent du Haut Irtyche, c'est-à-dire de la partie du cours du fleuve à l'est du Lac Dsaisang, dans la carte de Khianloung, entre les affluents Algabak et Boroi.)

De Kaba à la rivière *Algadai*..... 12

La rivière naît à la pente méridionale de l'Altaï.

	verst.
D'Algadai à la rivière *Bour-tchan*.....	26
Les Kalmuks nomades occupent les pâturages de la rive droite.	
De Bour-tchan à la rivière *Kar-ty*.....	25
Les Kalmuks de ces contrées sont ceux du district Aranka.	
De Kar-ty à la rivière *Kran*.....	10
De Kran à la rivière *Tichertchak*.....	20
De Semipolatinsk à cette station...	511

« Il n'est pas permis aux négociants russes d'aller plus en avant. C'est au campement de *Tichertchak* que les Chinois viennent faire leurs échanges en payant avec de l'argent quelques produits de manufactures et des troupeaux de brebis. Les Kalmuks de ces contrées sont armés et font, sous la domination des Chinois, un service semblable à celui des Cosaques. On assure que de *Tichertchak* à *Khobda* il y a trois journées par des chemins affreux. Si l'on préfère éviter les montagnes, on met onze jours. La ville fortifiée de *Khobda* a pour gouverneur un Kawoina dont le rang est celui de colonel. »

(La position de *Tichertchak* se trouve indiquée dans la carte de M. Grimm, renfermant le pays entre le Lac Aral et Hami, entre Yarkand et Ieniseïsk. Les routiers de M. Korolenko ont été

communiqués à cet habile géographe que la mort nous a enlevé dans toute la force de la jeunesse. Le véritable nom de la ville située un peu à l'est du grand Lac Ike-Aral-Noor, n'est pas *Khobda* (*Chobda*, d'après la prononciation allemande comme l'indique l'itinéraire), mais *Gobdo* ou *Gobdo-Khoto* ou *Khobda-Khoto*.)

III. Fragment d'un routier de Gouldja a Peking.

(Ce n'est pas un itinéraire complet, ce sont des renseignements recueillis avec soin lors d'un événement assez rare. Une députation de la *Horde moyenne* des Kirghiz appartenant au district *Ssemisnaiman*, fut mandée à Peking par le gouvernement impérial en 1826. Le sultan Tauk Agadaien conduisit la députation en Chine. Un autre chef kirghiz, appelé Bodel Negmetow, se trouvait dans le voyage, et c'est de lui que les notions qui suivent, ont été obtenues. Il manque tout ce qui a rapport aux pays situés au S. E. d'Ouliassoutai-Khoto.)

« D'après les ordres de l'empereur, parvenus avec célérité de Chine à Kouldja (Gouldja), nous nous mîmes en route de ce dernier endroit, tous à cheval. Les montures furent changées de station en station. Des chameaux kirghiz portaient nos bagages. »

verst.

De Kouldja à *Ssary-Boulak*..... 20

De Ssary-Boulak à la station *Talkan*..... 25

De Talkan au Lac *Ssairankoul*..... 40

De Kouldja à Ssairankoul la route passe à travers un pays montueux, abondant en bois de construction comme en arbres fruitiers, traversé par beaucoup de ruisseaux sur lesquels sont construits des ponts très-bien entretenus. Le voyage est agréable et facile. Le Lac de *Ssairankoul* a 15 verst de tour. A chaque station on trouve une population qui m'a paru de 400 âmes.

De Ssairankoul à Liwsa..... 45

Pays dépourvu de bois, presque en plaine.

De Liwsa au ruisseau d'*Assipusylou*..... 25

Le nom de la station signifie cuisine, gargotte.

Deux stations d'Assipusylou à la ville de *Dshin*..... 55

Depuis Liwsa, la population de chaque poste augmente. La ville chinoise de *Dshin* a 500 maisons. La population, de 4000 âmes, est composée de Dzungars et de Chinois *noirs* (*Kara-Chinois*). Des nomades Kalmuks Torgoutes font paître

verst.

leurs troupeaux autour de la ville. On trouve dans les environs une belle cascade et des forêts de *chênes* (?). L'agriculture rend peu, quoique les champs soient arrosés par des canaux que l'on a conduits du haut des montagnes. La récolte des légumes est abondante.

(C'est, à n'en pas douter, la ville de Dzing, appelée en chinois *Fung-jun-phou*, un peu au sud du Lac *Boulkhatsi*, au N. E. de Gouldja. La carte que M. Klaproth a publiée sous le nom de l'empereur Khian-loung, place Dzing lat. 44° 40′ et long 81° ½.)

De la ville de Dshin (Dzing) au village *Bourkhana*..... 42

C'est le nom que les Chinois donnent au village. Les Tatares, qui sont mahométans, l'appellent *Awlia* ou *village saint*.

De Bourkhana au village *Malyn*..... 43

A peu près 300 maisons et population de 1000 âmes, Chinois, Kalmuks et Tungans-Tartares, tous agriculteurs. Chaque race a son chef, auquel le gouvernement impérial laisse pleine liberté d'action. Forêt de sapins et de *chênes*. (Cette indi-

verst.

cation de chênes que nous avons déjà trouvée plus haut, près de Dzing, est intéressante pour la Géographie des plantes. La Sibérie n'a pas de chênes depuis la partie orientale de l'Oural jusqu'à l'Amour : mais il y en a au Caucase[1] et dans le nord de la Perse[2].)

De Malyn au village de *San*..... 40

Population de 150 habitants en 40 maisons. Temple chinois rempli d'idoles. A la sortie du village nous vîmes une espèce de *phare* rempli de matière combustible servant de moyen pour donner des signaux. (J'ai déjà rappelé plus haut, à l'occasion du second itinéraire de la Première Série, de quel usage télégraphique sont les signaux de feu pour les Chinois, à des distances de plusieurs centaines de lieues.)

De San à la ville très-commerçante de *Kur-Kara-Ssou*..... 50

La ville, environnée de murailles, a 600 maisons et une population de

[1] Quercus castaneæfolia Meyer, Q. iberica Steven, Q. macranthera Fischer.

[2] Quercus æsculus L. et Q. lusitanica Lam.

3000 âmes. Le plus grand nombre sont des Tungans, le reste des Kalmuks et des Kara-Chinois. Des nomades Torgoutes et Kalmuks sont répandus dans la plaine qui cependant est cultivée en partie. La ville est environnée de lacs salés et située au bord d'une petite rivière. (Cette rivière est un affluent du Kour qui se jette au N. E. dans le Lac *Boulkhatsi-Noor*. Le véritable nom tartare de la ville est *Kour-Kara-Oussou*, en chinois *Soui-tehlung-pliou*. La carte de Khian-loung lui donne lat. 44° ½, long. 83°5′. C'est le méridien de l'Erin-khabirgan, qui est le plus haut sommet des Monts Célestes ou Thian-chan.)

De Kur-Kara-Ssou trois stations à la ville de *Manass*..... 150

C'est le siége d'un gouverneur de province, d'un wan. La ville, située sur les bords d'une rivière, a 800 maisons et 6000 habitants, presque tous mahométans. Les champs des environs sont mieux cultivés que ceux que nous avons rencontrés depuis les bords de l'Ili.

(Le véritable nom chinois de la ville est Soui-lai-hiam. La petite rivière de

verst.

Manass débouche au nord dans l'Ayar-Noor. Elle naît comme tous les fleuves de ces contrées, à la pente septentrionale de la grande chaîne du Thian-chan.)

Suivent cinq stations dont je n'ai pas marqué les noms et les distances relatives. Elles peuvent renfermer ensemble vingt à trente mille âmes.

De Manass à la ville d'*Ouroumtsha*..... 175

La ville, résidence temporaire d'un gouverneur-général ou *Dshanshal*, est ceinte de doubles murailles. On assure que la population se compose de 60000 âmes, y compris une garnison de Mandchoux de la garde impériale, au nombre de 6000. Une foire annuelle réunit beaucoup de marchands étrangers. La ville est très-considérable. Les vivres sont abondants, les champs très-fertiles. (Cette fertilité est probablement due à des matières volcaniques décomposées. Voyez plus haut, t. I, p. 40. Le nom chinois d'*Ouroumtsi* est Ty-Houa-Tcheou. Elle a été anciennement célèbre d'abord sous le nom de Pe-thing, *résidence du Nord*, habitée par les Ouighours, puis comme une *Pentapolis* de Bichbalik. La carte de

Khian-loung place Ouroumtsi par lat. 43°50′ et long. 86°37′. Voyez Klaproth, *Mém. rel. à l'Asie*, t. I, p. 355-363.)

D'Ouroumtsha (Ouroumtsi) à la forteresse de *Minom*..... 45

Près d'une chute d'eau. Seulement 200 maisons et 1500 âmes.

De Minom à *Myjaco*..... 75

De Myjaco à *Noutaba*..... 45

Myjaco et Noutaba sont des villes de 2000 habitants.

De Noutaba à la ville de *Koutchoun*..... 35

Ville très-fortifiée. Garnison de 10000 Mandchoux.

(Jusqu'à Ouroumtsi, la route a été de l'ouest à l'est en longeant pour ainsi dire la pente septentrionale de la grande chaîne de Thian-chan, à une distance de 15 à 20 lieues : puis la caravane s'est dirigée au nord vers *Gobdo-Khoto*, sans doute pour éviter la partie sud-ouest du Gobi au sud du fleuve Djabgan, connue sous les noms de *Naiman-minggan* et de *Sarkha-Gobi*.)

Le chef kirghiz qui accompagnait le sultan Tauk-Agadaien, sans donner le détail des différentes stations où s'arrêtait la mission, raconte simplement qu'après avoir chargé à Koutchoun les chameaux d'outres de cuir remplies d'eau, ils ont

traversé le pays montagneux et aride habité par les Kalmuks-Saktchines et Kalmuks-Kalna, vivant sous la domination chinoise, mais administrés par des princes indigènes. Dans la ville de *Khobda* (Gobdo-Khoto, voyez le routier qui précède), ils trouvèrent l'*Amban* ou gouverneur de la province qui visitait les *piquets* (garnisons) *de la frontière*. Bodel-Negmeton ne donne que 200 maisons et 1000 (?) habitants à Gobdo-Khoto. La population est entièrement composée de Kalmuks.

Treize stations (ensemble de 350 verst) de Gobdo-Khoto (lat. 48° 8′, long. 87° 35′) à Ouliassoutai-Khoto (lat. 47° 40′, long. 94° 11′)[1]. Direction O. N. O.-E. S. E. La caravane passa une large rivière à gué (sans doute le *Djabgan*). La ville Ouliassoutai (*forêt de peupliers*) que le voyageur Pesterev appelle Ouliataï, est la résidence du *Djangdjoun* (Negmeton écrit *Djanshoul*), gouverneur-général des Mandchoux. L'absence des femmes frappait la mission dans toutes ces villes

[1] Ce sont les positions de la carte de Khian-loung. M. Grimm en construisant sa carte d'après d'autres itinéraires, place Gobdo lat. 48°30, et Ouliassoutai lat. 47°30′. Comparez Pesterev qui visita Gobdo en 1780, dans Klaproth, *Mag. Asiat.* t. I, p. 152, et l'utile ouvrage de M. Timkowski, *Voy. à Peking*, t. I, p. 125.

de la Mongolie chinoise. De la ville d'Ouliassoutai au campement *Kouroullaby* il y a 31 stations. Le chef kirghiz évalue cette distance de 800 verst sans habitation quelconque et presque sans arbres. Il nomme le sol aride et sablonneux. Les Kalmuks nomades de cette contrée ne tentent aucune culture. On trouve à *Kouroullaby* un petit temple (adoratoire) chinois. Plusieurs ruisseaux qui viennent des montagnes arrosent cette partie du désert. De *Kouroullaby* au campement des Kalmuks de la tribu *Kara-Tchakar* je compte 27 stations. Distance 700 verst. Toute la population mâle de cette tribu nomade est forcée de servir dans l'armée chinoise depuis le jeune âge jusqu'à la plus haute vieillesse. Les *Kara-Tchakars* ne cultivent rien, mais ils fabriquent des étoffes. A la distance de 50 verst au S. E. du campement des Kara-Tchakars, la députation rejoignit la grande route qui, à travers le Gobi oriental, conduit par la ville de Dshanshak (?) et par Kitschik-Bishan de *Kiakhta* à *Peking*.

IV. Route de Petropawlowsk a Tachkend, Kokand et Kachghar.

Les 72 stations où l'on a campé la nuit ne sont indiquées que par leurs noms, sans évaluer les distances en verst.

1) *Petropawlowsk*, sur l'Ichim (selon mes observations lat. 54° 52′, long. 66° 46′). — 2) *Karatoumar*, endroit marécageux, route dite du Khan. Lacs Bichkoul. — 3) Campement dans la forêt de Kountirek. — 4) Lac de *Saragatch*, au sud de *Justkamych*. — 5) Daukara, sur les bords de la *Chitchaglinka*, qui traverse la steppe. — 6) Forêt de Tchoubar-Aighir. — 7) Lac de *Masohak-Kamysch*, après avoir traversé quelques collines. — 8) Basarboulak, sur la rivière *Janassou*. On voit la chaîne du *Kontchetau* (Koptchatau). — 9) Source de *Khoshigoul-Boulak*. Pays montueux. — 10) Lac de *Tchagalan*. — 11) Rivière *Tatymbet-Karassou*, à la vue des deux monticules *Karabatyl* et *Elandou*. — 12) Trois sources d'*Outch-Boulak*. Montagnes assez élevées, couvertes de pins. — 13) *Dumbraly*, ravins entre deux collines où les caravanes sont souvent attaquées par les Kirghiz de l'Ichim. — 14) Rochers de *Koutchakou*, entre des lacs. La plaine plus ouverte, mais nue. — 15) Lac *Ssossykoul*, au sud de la forêt de *Jamantchoubar*. — 16) Tombeau (*Ssoujouk*) du chef kirghiz Tair-Bergen, sur les bords de l'Ichim. — 17) Steppe d'*Okmulla*, traversée par la petite rivière *Noura*. — 18) Collines de *Koulan-Outmess*. Jusque-là on peut aller en chariots. — 19) La montagne escarpée d'*Air-tal*, près de la rivière *Chinitchkassou*. — 20) Source

de *Karaboulak*. — 21) *Karagatch*, campement sur la rive du Ssarassou. (C'est le *Sary-sou*, affluent du *Bakboulan*, selon la grande carte de Klaproth; le *Saruig-su*, *eau jaune* de M. Erman, *Reise*, t. I, p. 448, 495. M. Grimm fait de *Sarassou* un affluent du Yar-Yakchi qui, après un cours très-long du N. E. au E. S. débouche dans le Lac Telegoul, assez près du Sihoun, au N. O. d'Otrar.) — 22) Campement de la rivière Bleue, *Kouksou*. Presque pas de pâturages dans la steppe argileuse. Les caravanes, dans tout ce trajet, sont souvent pillées par les *Kirghiz noirs* ou *des rochers* (*Kamenie Kirgisi*). — 23) Les cinq collines de sables avec des puits, *Bichtau*. — 24) Sources salées de *Ssaryboulak*, au pied du Mont *Bouglai-itagla*. Steppes arides. — 25) Sources de *Shadaly*. Plaine épineuse très-incommode pour la marche des chameaux. — 26) Source de *Berutichkan*. — 27) Tombeau d'Ouwanass, près d'un puits. La steppe fait horizon. — 28) Passage du *Tchoui*, près de la *Pierre*, *Karta*. On passe la rivière à gué; lorsque les eaux sont très-hautes on forme un pont radeau en bois et en roseaux. (Le *Tchoui* ou Tsoui ne parvient pas au Sihoun ou Syr-daria, pas plus que le *Yar Yakchi*. Après un cours de plus de 200 lieues du S. E. au N. O. le Tchoui débouche dans le Lac *Kaban-koulak*. Ce lac porte aussi les noms de *Beilegoul* ou *Khochi-goul*. Cette multiplicité de noms,

due à la multiplicité de langues et de dialectes de ces contrées, a fait naître plus de confusion sur les cartes d'Asie. La dernière partie du cours du Tchoui est dirigée de l'est à l'ouest. Voyez plus haut, t. II, p. 297.) — 29) Petite forteresse de *Soussak* sur les frontières du territoire de Kokand. (Beaucoup de tigres dans les environs, comme dans les hauts roseaux des rives du Tchoui, t. III, p. 101.) — 30) Pied du *Karatau*, sources. — 31) Stations de mûriers. — 32) Montagne de *Tchoulak*. — 33) Le Mont et la caverne du Lion, *Arastandytan*, près des rivières *Bougoun* et *Tchejan*. Grand danger de l'attaque des *Kirghiz noirs*. (Une tradition fabuleuse a sans doute donné lieu à la dénomination de la caverne. Peut-être a-t-on confondu le tigre avec le lion, confusion à laquelle en Perse, par exemple, le mot de *shir* donne lieu.) — 34) Campement sur la rivière *Bouralta*, dans une vallée étroite. — 35) Gué de l'*Ars*. — 36) Rivière *Badask*, près de *Tchimket*, ville du Kokand. — 37) *Kasiykour-tau*, terrain montueux près de la rivière *Anitche*. — 38) Campement à la descente du *Kindertau*, près des bords de la *Kaljassa*. — 39) La *colline déserte de la Kaljassa*. On voit quelques villages à l'entour. — 40) Après avoir passé le site marécageux de *Karakamysch*, on arrive à la ville Tachkend. La population nous a été exagérée par les indigènes. Ils portent à 10,000 (?) le

nombre des maisons. Il y a dans la ville de belles manufactures de soieries et de toiles de coton. Les eaux des montagnes environnantes sont conduites par des canaux dans les rues de Tachkend. Ces canaux se réunissent à un lac appelé *Tchiltchik*. (C'est le Lac Tchirtchik du *Voyage de Meyendorf*, t. I, p. 115, mais on a rapporté à ce savant que les canaux qui arrosent la ville sont *dérivés* du lac et que l'on s'en sert également pour l'arrosement des champs. Cette version est plus probable. Pour aller de la forteresse de Soussak à Tachkend, la caravane doit avoir passé à l'est de *Tounkat* qui est aussi placée sur le Sihoun, vingt lieues au nord de Tachkend. Le père Arocha a donné à cette dernière ville, réunie depuis 1805 au khanat de Kokand, lat. 43° 5, long. bien incertaine 66° 29′.) — 41) En sortant de Tachkend, la caravane a passé à gué la rivière *Tchirtchik* et est parvenue à travers des champs et la plaine à la petite ville de *Kouraschou*. — 42) Caravanserai de *Kariwat*, près de la montagne *Kandyrtau*. — 43) Source et caravanserai de Mour-tam, près du Mont *Khoshant*. On trouve des turquoises de peu de valeur dans cette montagne. — 44) Petit bourg de Karakamysch sur les bords du Syr-daria qu'on traverse en bateaux. — 45) Bourg *Karapalessan*, près de la rivière de ce nom. Sables arides. — 46) La ville de *Kokand* (Khôkhan), plus grande et plus populeuse que Tachkend, à 8 verst du Sir-

daria. (Lat. 41° 23′, long. 68° 6′, selon le Père Arocha. Cette position, qui n'a été remplacée par aucune observation moderne, se trouve bien arbitrairement altérée, même en latitude, dans les cartes les plus modernes. Comparez le tableau de positions comparées publié par M. Zimmermann, *Geogr. Analyse der Karte von Inner-Asien*, p. 34.) De Kokand à Kachghar les caravanes comptent 25 stations.) — 47) Le village *Ak-ir* ou *Palessan*. — 48) Le village *Karantchikoum*. — 49) La ville de *Margljant*. (C'est *Marghilan* ou *Marghinan*, 15 lieues à l'est de Kokand.) — 50) Le village de *Min-tenou*. — 51) Le village d'*Ariwan*. — 52) *Och*, sur la frontière du territoire chinois, avec douane et forte garnison destinée à repousser les invasions des Chinois et des *Kirghiz-noirs*. (Voyez sur Och ou *Takht-i-Souleiman*, la note que j'ai ajoutée au 6e routier de la 1re série.) — 53) Village *Madi*. — 54) Village *Langar*, au milieu des montagnes, dernier village du khanat de Kokand, vers le sud-est. — 55) Sources du *Tchountchour-ssou*. — 56) Station de *Gourchou*. — 57) Le monticule aux pierres à fusil, *Kan-mak-tam*. — 58) Campement au bord de la rivière d'*Atautar*. Ces quatre dernières stations sont visitées par une tribu de *Kirghiz noirs* qui reconnaissent l'autorité du khan de Kokand. — 59) La même rivière d'*Atautar*, mais sur un autre point

de son cours. — 60) Passage du col de *Terjak-Diwan* (dans le *Terek-Tagh*). Kirghiz nomades. — 61) Forêt de *Pougai - bachi*. — 62) Station d'*Ighin*. — 63) Station *Nagrakaken*. — 64) Station *Sarakamych*. — 65) Station *Jasskitchou*. — 66) Station *Aksalyr*. — 67) Station *Kouch-joukoutch*. — 68) Station *Kourgachkan* (mines de plomb). — 69) *Kisyl-Oui* ou *maison rouge*. — 70) Premier piquet chinois. — 71) Second piquet. — 72) Ville de Kachghar (selon l'observation astronomique du Père Hallerstein et la Table des positions du P. Mailla, lat. 39° 25′, long. 71° 37′).

Cet itinéraire nous apprend que depuis le village de Langar jusqu'à Kachghar, sur une longueur de 18 campements qui équivaut vraisemblablement à 110 lieues nautiques, le pays est entièrement dépourvu d'habitations stables. Les caravanes de Kachghar mettent généralement 14 heures pour arriver d'un campement à un autre. Dans cet intervalle elles s'arrêtent un peu vers le milieu du jour. Si l'on compte pour chaque journée 40 verst en été, on ne doit, pendant l'hiver, surtout lorsque les neiges couvrent le pays, évaluer la journée qu'à 25 verst. C'est sans doute selon la première hypothèse que les conducteurs de caravanes comptent de Petropawlowsk à Tachkend 1560, à Kokand 1800 et à Kachghar 2800 verst de *distance itinéraire*. (Les villes de Petropavlovski et Tachkend sont presque

sous le même méridien ; les différences de longitude avec Kokand et Kachghar ne sont probablement pas au-delà de 1° $\frac{1}{4}$ et de 5°. Ce n'est donc que la différence de *latitude* qui influe le plus sur la distance que les caravanes ont à parcourir, et ces latitudes sont assez sûres, puisque toutes se fondent sur des observations astronomiques.

Petropavlovsk,	lat. 54°52′,	long. 66° 46′
Tachkend.....	43 3	..... 66 29
Kokand.....	41 23	..... 68 6
Kachghar.....	39 25	..... 71 37

Or en comparant ces positions aux *distances itinéraires* qu'adoptent les caravanes, on voit au premier coup d'œil que c'est la route montagneuse et solitaire de Kokand à Kachghar qui devient la source d'une grande exagération de distance. En calculant dans l'hypothèse de la terre sphérique, les *distances directes* selon les coordonnées de latitude et de longitude que je viens d'indiquer, on trouve de *Petropavlovsk à Tachkend* 1215, de *Tachkend à Kokand* 214, de *Kokand à Kachghar* 546 verst (de 104,24 au degré). Si l'on compare les 1560 verst des caravanes aux 1215 verst du calcul, on trouve, pour les sinuosités du chemin, un peu plus que le quart de la distance directe, ce qui est assez probable, mais entre Kokand et Kachghar, la comparaison de la *distance itinéraire* supposée et de

la *distance géographique directe*, rigoureusement calculée, offre une différence de 654 verst, de sorte que ce n'est qu'en doublant la distance directe qu'on trouverait le chiffre qu'il faudrait ajouter pour obtenir la distance supposée. Ce genre de calcul jette quelque jour sur la nature du terrain que l'on parcourt. D'Anville, dans un Mémoire célèbre sur les fondements de sa Carte de l'Amérique méridionale, conseille d'évaluer les sinuosités des grandes rivières, valeur moyenne, au tiers de la distance directe. Partout où à l'Orénoque, au Cassiquiare et au Rio-Magdalena, j'ai pu naviguer du nord au sud, ou, ce qui est moins sûr, comparer des longitudes chronométriques à la vitesse du courant exactement déterminée par des corps flottants, la correction prescrite par d'Anville m'a paru très-exacte. Dans les steppes d'Asie au contraire, l'augmentation du tiers m'a paru presque trop forte; cependant à de grandes distances, là où le fréquent passage des rivières où un sol marécageux détourne les voyageurs, la correction pèche, en Sibérie, plutôt en moins. L'*Itinéraire des Postes russes*, publié officiellement à Pétersbourg (*Potchtowoy Dorojnik*), fixe par exemple la longueur de la route de Pétersbourg à Irkoutsk à 6076 verst, de Pétersbourg à Ekatherinenbourg à 2453 verst. Or en supposant cette dernière ville, selon mes observations astronomiques, par lat. 56°49′, long. 58°15′, et Irkoustk,

selon M. Fuss, par lat. 52°17′, long. 101°56′, on obtient pour la distance directe d'Ekatherinenbourg à Irkoutsk (de l'Oural au Lac Baikal) 2640 verst[1], tandis que le livre des postes en donne 3623 : il faut donc ajouter plus que le tiers ($\frac{1}{2,7}$) pour les sinuosités. En France et en Allemagne, partout où il y a des chaussées ou chemins ferrés, la correction du quart suffit. Voyez Arago dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1827, p. 134.

[1] D'Irkoutsk à Péking (lat. 39°54′, long. 114°5′) il y a 1553 verst de distance directe calculée par les coordonnées de longitude et de latitude.

REMARQUES

SERVANT D'ÉCLAIRCISSEMENTS AU

TABLEAU D'INCLINAISONS MAGNÉTIQUES

OBSERVÉES EN 1829

DANS LE NORD-EST DE L'ASIE

ET SUR LES BORDS

DE LA MER CASPIENNE.

BERLIN. — J'avais trouvé, en décembre 1805, conjointement avec M. Gay-Lussac, par une boussole d'inclinaison magnétique de Le Noir (construction de Borda) qui avait servi dans le voyage autour du Monde de d'Entrecasteaux et que le Bureau des Longitudes m'avait confiée dans une course en Italie, 69°53′; le 28 novembre 1826, par une excellente boussole d'inclinaison de Gambey (toujours construction de Borda), au jardin de Bellevue, conjointement avec MM. Encke et Erman 68°39′ (une aiguille donnant 68°38′, l'autre 68°40′); le 9 avril 1829, au départ pour la Sibérie, encore au jardin de Bellevue, 68°30′,7. Je vais consigner ici l'ensemble des résultats obtenus

OBS

D

1. B
2. K
3. S
4. S
5. N
6. K
7. E
8. B
9. N
10. N
11. T
12. B
13. Z
14. O
15. O
16. P
17. T
18. M
19. Z
20. K
21. O
22. O
23. S
24. S
25. A
26. H
27. W

pendant 30 ans avec des instruments pareils et rangés selon l'ordre des temps. Ce tableau peut servir de supplément aux recherches que j'ai faites sur les variations périodiques de l'inclinaison en France, en Allemagne et en Italie. (Voyez *Annalen von Poggendorf*, t. XV, p. 319-336, et ma *Rel. hist.* t. III, p. 625.)

Déc.	1805.	69° 53′	Gay-Lussac et Humboldt.
Mars	1812.	69 16	Erman fils.
Nov.	1826.	68 39	Humboldt.
Avril	1829.	68 30,7	Humboldt.
Déc.	1831.	68 24,2	Dove et Riess.
Avril	1832.	68 16,0	Rudberg.
Août	1832.	68 17,6	Encke et Dove.
Mars	1836.	68 7,4	Encke.
Juin	1837.	68 4,9	Encke et Galle.
Juill.	1839.	67 53,2	Galle.

(Comparez *Berliner Astr. Iahrb. für* 1839, p. 286.) Euler, dans sa *Théorie de l'Inclinaison*, trouve pour 1753 incl. 71° $\frac{3}{4}$ à 72° $\frac{3}{4}$ (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1753, p. 219). Si l'on pouvait se fier à ce résultat, on obtiendrait de 1753 à 1805 un décroissement de 2′,44, tandis que la période de 1805 à 1837 donne 3′,48. Un excellent observateur,

trop tôt enlevé à la science, M. Rudberg, a constaté l'inclinaison à Berlin avec une telle précision, que plusieurs aiguilles de Gambey employées simultanément ont donné en mai 1832, au jardin de M. Mendelsohn-Bartholdy, près de la *maison magnétique* que j'y avais fait construire, pendant trois jours

68° 16,0
14,2
16,0

Le rapport de l'intensité totale des forces magnétiques entre Paris et Berlin paraît avoir changé d'une manière frappante depuis les premières observations d'oscillations que nous avons faites à Berlin, M. Gay-Lussac et moi. En 1806, en nommant 1 l'intensité totale de la force sous l'équateur magnétique au Pérou, on trouva pour Paris 1,3482, pour Berlin 1,3703. « Depuis, les intensités des deux villes se sont tellement rapprochées, qu'au printemps elles étaient (en supposant Paris 1,0000) à Bruxelles 1,0215, à Berlin 1,0012. A la même époque les inclinaisons étaient à Paris 67°41′, à Bruxelles 68°49′ et à Berlin 68°16. » (*Notes manuscr. de M. Rudberg.*)

Koenigsberg. — Conjointement avec M. Bessel, sur le rempart près de l'Observatoire, 69°26′,0. M. Erman n'a pas observé l'inclinaison à Kœnigsberg.

Sandkrug. — Sur l'isthme (péninsulaire) appelé la *Nehrung*, vis-à-vis la ville de Memel, et, comme toujours, en plein air, près d'une petite auberge où la débâcle des glaçons nous a retenus trois jours, 69°39′,8.

St.-Pétersbourg. — Au jardin botanique, à l'île des *Apothicaires*, 71°6′7. Je présume l'observation un peu moins précise que celles qui suivent ou qui précèdent. J'étais surpris d'une différence plus grande entre les deux aiguilles que celles que j'avais remarquées ailleurs. Je me suis beaucoup tourmenté, à mes deux passages par St-Pétersbourg, en mai et en décembre 1829, pour découvrir la cause de ces déviations. Les différences de A et B se sont élevées, en mai à 8′,5; en décembre (toujours de 10 heures à midi) à 6′,6, lorsqu'avant et après, par exemple à Kœnigsberg et à Woronèje, les différences n'ont atteint que 1′,1 et 2′,9. J'ai cru de mon devoir d'indiquer toujours avec sincérité ce qui a rapport au degré de confiance que méritent les

résultats auxquels je m'arrête. Je consignerai ici les éclaircissements que M. Kupffer a donnés sur cet objet dans une note lue à l'Académie de St.-Pétersbourg, le 5 mai 1830;

« En 1828, au mois de juin, M. Hansteen trouva, dans le jardin botanique, sur l'île des *Apothicaires*, l'inclinaison magnétique de :

St-Pétersbourg égale à 71°12′,2 Après avoir retourné de 90° l'axe de l'aiguille 71 23, 6	moy. 71° 17′, 9
Une autre observation lui donna .	71° 20′, 0
Après avoir attaché un petit poids à l'aiguille, selon la méthode de M. Meyer, il trouva	71°14, 1
Moyenne de toutes les observations de M. Hansteen, en juin 1828	71° 17′, 3

« On voit par les deux premières observations que l'axe de l'aiguille de M. Hansteen, quoique exécutée par un excellent artiste, n'était pas exactement cylindrique.

« En 1829, au mois de décembre, M. de Humboldt obtint, dans le même jardin, avec l'instrument de Gambey, les résultats suivants :

Avec l'aiguille *A*	71° 3′, 4
Avec l'aiguille *B*	71 10, 0

« Au mois de mai de la même année, le même observateur avait trouvé :

Avec l'aiguille *A*	71° 6′
Avec l'aiguille *B*	71 13.

« Les deux aiguilles de l'instrument de M. de Humboldt, ayant toujours donné, sur d'autres points, le même résultat, à 1′ au 2′ près, je soupçonnais qu'une d'elles pouvait bien avoir quelque défaut à l'axe qui n'altérait les résultats que lorsque l'inclinaison était fort grande. Pour nous en convaincre, nous résolûmes, M. Hansteen et moi, d'observer en même temps avec l'instrument de M. de Humboldt et celui de M. Hansteen, après les avoir placés à une distance convenable l'un de l'autre.

L'aiguille de M. Hansteen me donna . . .	71°16,6	mov. 71° 11′, 5.
Après avoir retourné l'axe de l'aiguille de 90°	71°6,4	
Les deux aiguilles de M. de Humboldt donnèrent à M. Hansteen, l'aiguille *A*	71 9, 5	71° 6′, 4.
l'aiguille *B* .	71 3, 2	
L'aiguille *A* de M. de Humboldt, donna avec un poids.	71° 11′, 2	

Enfin, une autre observation, exécutée par moi avec une excellente boussole de Gambey, faisant partie de la collection d'instruments pour le magnétisme terrestre, qui appartient à l'Observatoire magnétique de St-Pétersbourg donna.	71°11′,0.

« On voit que la véritable inclinaison de ce jour était très-probablement 71°11′,0 et qu'entre les deux résultats que donnèrent les aiguilles de M. de Humboldt, le premier qui offrit 71°9′,5, s'approche le plus de la vérité, il n'est en erreur que de 1′,5.

« Ces observations nous font voir en même temps, que l'inclinaison diminue constamment à St.-Pétersbourg d'une année à l'autre. Effectivement cette inclinaison a été :

au mois de juin 1828. . .	71° 17′, 3
au mois de mai 1829. . .	71 14, 5
au mois de décembre 1829. .	71 11, 5
au mois de mai 1830. . .	71 11, 3.

« Le décroissement annuel de l'inclinaison à St.-Pétersbourg peut donc être évalué à 3′. Après avoir examiné avec soin la boussole

de M. de Humboldt restée entre mes mains, j'ai découvert que les deux petites pièces en agathe sur lesquelles l'aiguille repose, ne sont pas exactement dans le même plan, ce qui a pu causer quelque erreur. Je conclus de l'ensemble des observations exécutées successivement par MM. de Humboldt, Hansteen et moi, qu'il y a dans ce moment peu de points sur la surface du globe dont l'inclinaison magnétique soit si bien déterminée que celle de St.-Pétersbourg. » Il me reste, je l'avoue, quelques doutes sur l'inclinaison de 70°17′,3 en 1828. Elle me paraît bien forte, de même que celles qui suivent jusqu'en 1830. M. Erman a trouvé *en juin* 1828, aussi avec une boussole de Gambey, au jardin botanique là où nous avons tous observé 71°8′,1 et à Wasiljewski Ostrow seulement 71°4′,5. (*Physikal Beobachtungen*, t. II, p. 79, 80 et 530.) Ce dernier lieu n'est que de 2 minutes plus méridional : l'inclinaison doit avoir diminué de 1828 à 1830. Dans un mémoire que M. Hansteen a publié en 1831 sur ses observations magnétiques en Russie dans les *Annales de Poggendorf* (t. XXI, p. 421 et 498), ce sa-

vant qui a rendu de si importants services à la connaissance du magnétisme terrestre, s'arrête aussi définitivement, pour l'inclinaison à St-Pétersbourg en avril 1830, à 71°8′,8.

Moscou.—Je me suis placé à *Sokolnikowa-Pole*, un peu au N. E. de la ville de Moscou, entre 10 et 11 heures du matin, dans la même ferme de M. Einbrod où M. Erman avait observé 16 mois avant moi. J'ai trouvé (au nord du parallèle de la tour d'Ivan Weliki, dist. 1950 sagènes) 68°56′,7; les deux aiguilles ne diffèrent que de 1′,5. M. Erman (t. II, p. 90 et 530) a obtenu en juillet 1828 par A 68°55′,8, par B 69°0′,7, moyenne 68°58′,2.

Kazan.— J'ai observé une seule aiguille, à 2 heures après-midi, au milieu de la grande place *Arskoé - Pole*, conjointement avec MM. Simonof et Lobatchefsky; cette aiguille m'a donné 68°26′,7. M. Erman a trouvé 68°21′,4 en août 1828; M. Hansteen à la même époque 68°26′,5; M. Fuss, en 1830, lors de son voyage à Peking, 68°25′,7. Comme la diminution annuelle de l'inclinaison n'est probablement que de 3 minutes, mon observation est confirmée par celle de M. Fuss, car

l'erreur moyenne de deux bons instruments de Gambey pourrait bien ne pas être pour deux OBSERVATEURS expérimentés au-dessous de ces mêmes 3 minutes. Dans le trajet de Moscou, en partie par terre, en partie sur le Volga le cercle vertical de la boussole d'inclinaison de Gambey commençait à se détacher du pivot par lequel il se meut sur le cercle azimuthal. Une légère réparation a été faite par l'habile mécanicien de l'observatoire impérial de Kazan.

EKATHERINENBOURG.—Dans une plaine où passe la route qui conduit à Ouktousk, à 300 toises de distance de l'église d'Ouspenki, les deux aiguilles ont donné l'inclinaison 69°9′,7 dans la même minute angulaire. Sachant que M. Hansteen et M. Erman avaient trouvé en 1828 une inclinaison beaucoup plus forte, j'ai retourné encore une fois les pôles de l'aiguille A et j'ai trouvé, quoique plus à la hâte, 69°11′. Cette observation, combinée avec l'aiguille B, donnerait 69°10′,4 à huit heures du matin en juillet 1829. Il ne m'est resté aucun doute sur la précision du résultat pour le lieu et l'époque de l'observation. M. Erman a eu, par deux observations

faites avec la même aiguille, le 3 et le 25 septembre 1828, comme résultat moyen, 69°24′ déduit de 69°25′,4 et 69°22′,6. Selon les observations communiquées à M. Gauss, l'inclinaison d'Ekatherinenbourg n'a été trouvée en 1830 par M. Fuss que de 69°19′ (Schumacher, *Astr. Nachr.* 1834, n° 253); en 1832, au mois de décembre, par M. Fedorow, que de 69°15′,3. La *déclinaison* magnétique a éprouvé dans le même endroit des changements bien considérables. En 1828, M. Hansteen obtint 6°27′, et M. Erman 7°23′ E. En 1836 M. Reinke n'a trouvé que 5°5′. (Gauss und Weber, *Beob. des magnetischen Vereins für* 1838, p. 40; Kupffer, *Obs. mét. et magn. dans l'Empire de Russie*, n° 2, p. 142.)

Beresowsk.—Au nord d'Ekatherinenbourg et aussi en juin 1829, je trouvai l'inclinaison seulement de 69°13′,2. Une seule aiguille. Grande place de Beresowsk. A 10 heures du matin. (De n° 7 à n° 10 tous les lieux appartiennent à la pente orientale de l'Oural.)

Nijney-Taguilsk. — Le fameux site des *lavages platinifères* et *aurifères* de la famille Demidoff. L'observation a été faite le matin, au bord du village, dans une place très-libre,

l'église principale étant située à 500 toises de distance au N. O. La seule aiguille B a donné 69°29′,8. Nijney-Taguilsk étant d'un degré plus boréal qu'Ekatherinenbourg, cette différence de latitude m'a paru confirmer que l'inclinaison d'Ekatherinenbourg, à l'époque de mon expédition, n'était pas plus grande que 69°10′.

Nijney-Tourinsk. — J'ai fait dresser la *tente magnétique* dans une plaine au N. N. O. du village, très-loin des dangereux magasins de fer forgé. Deux aiguilles : observations faites avec le plus grand soin à 11 heures du matin. Inclinaison par A 70°57′,5; par B 70°59′,9. Occupé des travaux souterrains de la mine de *Bogoslovsk*, je n'ai pas pu y déterminer l'inclinaison magnétique. M. Erman l'a trouvée en septembre 1828 de 71°24′; M. Hansteen à la même époque 71°36′; M. Fedorow en avril 1833 de 71°29′. C'est l'inclinaison observée dans la partie la plus boréale de l'Oural, car j'ai trouvé la latitude de Bogoslovsk que la carte russe de 1825 donne 59°32′, de 59°44′36″. Il faut rappeler à cette occasion, si l'on veut comparer mes observations d'inclinaison de l'année 1829 à celles de MM. Er-

man et Fedorow, que le premier a obtenu (en 1828) à Ekatherinenbourg 69°24′, à Werkhoturie (lat. 58°52′) 70°57′ et à Tobolsk 71°6′; que le second a trouvé à Ekatherinenbourg 69°15′ et à Tobolsk (en 1833) 71°2′. Il entre par conséquent dans cette comparaison les deux éléments variables du changement séculaire et de la différence des instruments employés.

Tobolsk. — J'ai observé à 6 heures du matin, près de la basse ville devant la porte d'Irkoutsk, à gauche de la route de postes, au milieu d'une grande place toute libre. Il a fallu serrer de nouveau les vis du cercle vertical, l'aiguille s'écartant un peu inégalement du limbe, mais l'observation (70°55′,6) est très-digne de confiance, quoique les deux aiguilles aient différé de 5′,7. En 1828, au mois d'octobre, M. Erman (*Phys. Beob.* t. II, p. 535) a trouvé par une seule aiguille 71°6′,6 et M. Hansteen 70°56′,5; en 1830 M. Fuss [1] 71°1′; en 1833, au mois de septembre (*Mém. de St-Pétersbourg*, *Sciences mathématiques*, série VI, t. III, p, 109), M. Fe-

[1] Une aiguille a donné à M. Fuss 70°58′,2; l'autre 71°3,5. *Mém. de St-Pétersb.* série 6, t. III, p. 109.

dorow 71°2′ toujours dans la ville située dans la plaine, non sur la colline de l'Archevêché. Une ancienne observation de M. Schubert en 1808 (*Bode Iahrb.* 1809, p. 163) a donné 68°0′, observation probablement peu certaine. L'inclinaison de 1808 à 1828 aurait donc été croissante à Tobolsk.

Barnaoul.—Pente septentrionale de l'Altaï ou plutôt dans la plaine qui borde cette pente. Incl. 68°9′,8. Lieu de l'observation : une plaine très-libre, éloignée de toute habitation, un peu au nord de la belle ville de Barnaoul, sur les bords du grand fleuve de l'Obi (6 heures du matin).

Zmeinogorsk.—A la pente occidentale de l'Altaï, la fameuse mine du Schlangenberg. J'ai observé en plein champ près de Karaulnaya Gora, à 64 toises de distance à l'est de l'église du Schlangenberg. Très-bonne observation 66°5′,5. Après avoir tourné les pôles, les deux aiguilles ont été trouvées d'accord à $\frac{8}{10}$ de minute près.

Oust-Kamenogorsk. — Sur les bords de l'Irtyche, derrière la maison de M. Nakariakof, dans un endroit très-libre (à 7 heures du matin). Inclinaison 64°47′,6. Les deux ai-

guilles après avoir tourné les pôles, ont encore été d'accord à 0′,8 près. M. Fedorow, en août 1834, a trouvé 64°57′,4.

Omsk.—A sept heures du matin, sur une très-grande place de la ville, entre l'église du culte grec, l'école des Cosaques et la Manufacture Impériale des draps. Le vent était très-violent, j'ai regretté de n'avoir pas fait dresser la *tente magnétique*. Inclinaison 68°54′,2. En 1831 M. Fuss a obtenu 68°58′; et en décembre 1833, M. Fedorow 68°59′,2. (*Vorläufiger Bericht*, p. 179.)

Petrópawlowsk. — Un peu avant midi, près de la petite ville très-commerçante de la steppe d'Ichim, dans un champ entre le nouvel hôpital et le cimetière grec. Incl. 68°18′,4. Différence des deux aiguilles, moins d'une demi-minute.

Troitsk.—Le matin à 11 heures, en plein champ à l'est de la ville. Un vent furieux a interrompu l'observation de l'aiguille B : mais on a souvent répété les observations, face à gauche et face à droite, en tournant sur le pivot le cercle vertical. Incl. 67°14′,2.

Miask.—Dans la partie australe de l'Oural, à l'est de la chaîne centrale. J'ai fait dresser

la *tente magnétique* au sud de l'église du *Zavod*, à 500 t. de distance, dans le faubourg des colons de Pensa. De la tente l'église a été relevée N. 12° E. Incl. 67°40′,2. Les deux aiguilles se sont accordées à 2′,3 près.

Slatoust.—A l'occident de la chaîne centrale de l'Oural : j'ai observé le matin devant la porte qui conduit à Ouffa, dans un endroit entièrement libre. Incl. 67°43′,2. Différence des deux aiguilles 0′,7.

Kyschtim.—Entre Miask et Ekatherinenbourg. La *tente magnétique* a été dressée dans le jardin de M. Sotof, sur la rive occidentale du petit lac (prise d'eau) célèbre par ses *îles flottantes*. La boussole d'inclinaison ayant essuyé d'horribles secousses dans la route de Soimonofsk à Kyschtim, j'ai dû redoubler de soins. J'ai tourné plusieurs fois les pôles. L'accord de A et B n'a cependant été que de 3′,1. Incl. 68°45′,9.

Orenbourg. —Au milieu de la grande place, devant la porte de Sacmara, le matin à 11 heures; vent furieux. Cependant les deux aiguilles s'accordaient de nouveau à 1′,6. Inclinaison 64°40′,7 en septembre 1829. Trois

années plus tard, en septembre 1832, M. Fedorow a trouvé 64°47′,2.

Ouralsk.— Sur le fleuve Iaïk, au chef-lieu des Cosaques de l'Oural. Sur la grande place où l'on tient les foires, à 10 heures du matin. Incl. 64°19′,3. Différence des deux aiguilles 1′,7.

Saratow. — Dans un champ près de la maison de campagne du Gouverneur-général, devant la porte d'Astrakhan, vers midi. Incl. 64°40′,9.

Sarepta.—Colonie des Frères Moraves, au milieu de la steppe des Kalmuks. Je me plaçai par un temps très-calme dans un champ près de la petite ville de Sarepta, à 500 toises de distance de l'église. Soudainement un vent furieux s'éleva dans la steppe. L'instrutrument très-lourd fut non-seulement renversé, mais emporté par une rafale semblable à celle que nous avions subie sur les bords de l'Obi, vis-à-vis de Barnaoul. Heureusement l'aiguille n'avait point encore été placée sur les pivots. Une des portes de la cage en glaces était restée ouverte et offrit au vent qui s'introduisait dans l'intérieur de la boussole un plan de résistance. L'instrument fut lancé à plusieurs pas de distance et couché sur les

hautes herbes de la steppe qui amollirent la violence du coup. A mon plus grand étonnement les glaces de la cage ne furent pas brisées, rien ne fut dérangé, à l'exception du petit niveau à bulle d'air, qui commençait à se détacher de son support. Je suis entré dans ces détails, parce que parmi les divers accidents que j'ai éprouvés pendant le cours si long de mes voyages de terre, celui de Sarepta est un des plus extraordinaires. Pendant l'observation je pus rappeler par des pas de vis la bulle d'air vers le centre de la division du niveau. L'observation réussit si bien lorsque la rafale avait cessé, qu'après avoir tourné les pôles, les deux aiguilles ne différaient que de 1',4. Je trouvai 62°16',6 et 62°15',2.

Astrakhan. — Ma *tente magnétique* fut dressée un peu au sud de la ville, sur la grande place Bakhtscha, près de l'hôpital et de l'église Notre-Dame de Techwine. Différence des deux aiguilles 2',7 à 10 heures du matin. Incl. 59°58',3.

Ile Birütchicassa. — Dans la Mer Caspienne aux bouches du Volga, à la partie septentrionale de l'île. J'ai tâché de déterminer avec beaucoup de soin les inclinaisons d'As-

trakhan et de Birutchicassa pour que dans la suite des temps on pût vérifier si les variations angulaires sont les mêmes dans les deux endroits. Les deux aiguilles ont été d'accord à moins d'une demi-minute. Incl. 59°21′,4. La détermination de la déclinaison magnétique à Astrakhan et dans le nord de la Mer Caspienne mérite, comme je l'ai déjà rappelé ailleurs [1], une grande attention. Les connaissances acquises par les beaux travaux de Hansteen, d'Adolphe Erman et de George Fuss sur la grande sinuosité qu'affectent les lignes isogones de la Sibérie, rendent très-difficile de se former aujourd'hui une idée précise de la liaison de ces lignes avec les lignes correspondantes dans la Mer de l'Inde et de la Chine. D'après les cartes intéressantes qui accompagnent l'exposé de la *Théorie générale* par M. Gauss, la ligne de déclinai-

[1] Dans une lettre adressée à M. le comte de Minto, alors ministre secrétaire-d'état au département de la marine britannique (octobre 1839), imprimée dans les *Instructions* que la Société royale de Londres a données au capitaine James Clark Ross. Voyez *Report of the Committee of Physics and Meteorology relative to the Antarctic Expedition*, 1840, p. 90.

son zéro, en remontant depuis le N. O. de la Nouvelle-Hollande ne commence à toucher le continent asiatique que près de l'entrée du Golfe Persique : elle se dirige directement de là vers le nord de la Mer Caspienne et vers la Mer Blanche. D'après M. Barlow, au contraire, cette ligne remonte du Cap Vansittart de la Nouvelle-Hollande vers le N. O. sans toucher le Golfe Persique, de là elle se replie de l'ouest vers l'est et reparaît dans les mers de la Chine et du Japon entre l'extrémité septentrionale de l'Ile Formose et la péninsule Seghalienne [1]. Une troisième opinion est celle de M. Erman. Ce savant croit que la ligne sans déclinaison qui descend entre Osablikovo et Doskino (au S. E. de Nijney-Novgorod), vers la Mer Caspienne et le Golfe Persique est la même qui, après avoir coupé l'équateur dans la longitude orientale de 85°, reparaît dans la Sibérie orientale à l'est d'Irkoutsk. La déclinaison magnétique d'Astrakhan déduite de la Théorie de M. Gauss, loin d'être trop petite d'un demi - degré, comme l'a cru cet illustre géomètre (*Resultate*

[1] Brewster, *Treatise on Magnetisme*, 1837, p. 189.

der Beob. des magnet. Vereins für 1838, p. 38), coïncide au contraire merveilleusement bien avec l'observation directe. M. Hansteen a trouvé en 1830 à *Saratow* (lat. 51°31′, long. 43°46′) décl. 0°6′ N. O.; à *Astrakhan* (lat. 46°21′, long. 45°45′) décl. 1°11′ N. O. (*Poggendorf Annalen*, t. XXI, p. 364). J'avais trouvé (sept. et oct. 1829) par un appareil moins précis et sans retournement de l'aiguille, à *Ouralsk*, chez les Cosaques du Iaïk (lat. 51°12′, long. 49°2′) décl. 0°27′ N. E.; sur les bords du *Lac Elton* (lat. 49°7′, long. 44°15′) au nord-est des ruines de l'ancienne capitale mongole de Saray, décl. 0°10 N. E.; à la ville d'*Astrakhan* décl. 0°37′ N. O.; et dans la Mer Caspienne, à l'Ile Birutchicassa (lat. 45°43′, long. 45°18′) décl. 0°32′ N. O. Une vérification postérieure de l'axe de la petite aiguille réduit mes observations d'Astrakhan et de l'Ile Birutchicassa à 0°56′ et 0°51′, ce qui, vu l'incertitude de la marche horaire, donne un accord satisfaisant avec les résultats de M. Hansteen. Les observations qu'offre l'Atlas de la Mer Caspienne de Kolotkin prouvent de plus que la déclinaison

occidentale diminue rapidement dans ces parages.

Woronèje. — J'observai dans la *tente magnétique* placée entre l'église Woscrecenzie et la maison de Charité. Le vent du S. E. était tellement impétueux qu'il fallait faire tenir la tente par plusieurs hommes, puisqu'à chaque instant on la croyait prête à être renversée. Je ne parvins à mettre d'accord le résultat des deux aiguilles qu'à 5′,7 près; mais comme j'ai changé deux fois les pôles de l'aiguille B et que cette aiguille a toujours donné le même angle, il est probable que l'inclinaison de Woronèje est très-près de 65°14′.

Les observations d'inclinaison magnétique d'Europe et de Sibérie qui précèdent ont en partie déjà été publiées lors de mon second séjour à Moscou, au retour de la Mer Caspienne, dans le *Bulletin de la Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou*, 1829, n° 10. De légères différences proviennent d'une détermination plus exacte des *moyennes*. L'intensité des forces magnétiques a été déterminée dans ces mêmes lieux par les oscillations de plusieurs petites aiguilles cylindriques de l'*ap-*

pareil de Hansteen que mon savant ami le major Sabine a bien voulu me procurer. Une de ces mêmes aiguilles a servi depuis à M. Kupffer dans son voyage au Caucase. Mes observations d'oscillations de l'aiguille horizontale n'ayant pas encore été réduites avec un degré de précision suffisante à un même degré de température, je n'ai pas voulu consigner ici les *intensités observées*. Pour l'ensemble de mes observations magnétiques entre les latitudes 12° sud et 60° nord et les longitudes de 81 $\frac{3}{4}$ est et 106° $\frac{1}{2}$ ouest, correspondantes à la longue période de 1798 à 1829, on peut consulter [1] la *Relation historique de mon Voyage aux Régions équinoxiales*, t. III, p. 615, 623 et 627; et Sabine, *Report on the variations of the magnetic intensity*, 1838, p. 5 à 8.

[1] La grande importance que j'ai attachée dans les traversées de 1798 à 1805 aux observations d'inclinaison et d'intensité magnétiques faites *au milieu des mers*, par conséquent dans des positions libres d'attractions locales, a été sentie par M. Erman qui, dans son voyage autour du globe, 1829-1830, s'est servi d'un appareil beaucoup plus précis que le mien. Voy. Adolphe Erman, *Phys. Beobacht.* t. II, p. 28-37.

L'erreur moyenne de toutes mes observations d'inclinaison magnétique de Russie et de Sibérie, ou plutôt la différence moyenne de mes deux aiguilles de la boussole de Gambey (construction de Borda) a été, en excluant St.-Pétersbourg et Woronèje, de 1′,8. Souvent l'accord a été même au-dessous d'une minute (ancienne division). Cet accord de différentes aiguilles a été également satisfaisant dans les observations publiées par M. Fuss. Je citerai les observations que cet astronome a faites à Kazan, à Irkoutsk, à Ourga et à Peking pendant son voyage en Chine. Partout les aiguilles A et B ont donné le même résultat, à une minute près. Je consigne ces faits pour prouver combien les instruments sortis des célèbres ateliers de M. Gambey peuvent acquérir de perfection. Tous sans doute, malgré le soin extrême de l'artiste et des observateurs, n'offrent pas la même harmonie. M. Hansteen a cru pouvoir conclure de la comparaison de 15 de mes observations de la boussole de Gambey avec des observations faites à peu près à la même époque avec sa boussole plus petite d'Ertel, que mes observations

sis au hasard et d'une précision inégale, expliqueront la méthode d'observation que j'ai suivie pour chaque aiguille. (N°. I, II, III.)

La méthode qui est aujourd'hui assez généralement employée, celle de chercher le plan du méridien magnétique par l'azimuth correspondant à la position perpendiculaire de l'aiguille, a le désavantage que les lectures de l'inclinaison se font presque toutes dans une même partie assez petite du limbe du cercle vertical. Ce désavantage disparaît si l'on détermine l'inclinaison vraie par des inclinaisons observées en différents azimuths, par exemple en 4 positions de 10°, 100°, 190° et 280°. Le retournement des pivots (axes de l'aiguille) et celui des pôles magnétiques doit avoir lieu comme dans la méthode que j'ai employée. Sur les formules qui donnent la vraie moyenne ou inclinaison vraie, comparez un mémoire très-intéressant de M. Encke dans le *Berliner Iahrbuch für* 1839, p. 286, et Erman, *Physik Beob. auf einer Reise um die Erde*, t. II, p. 8-24.

J'ai constamment observé en plein air, dans des endroits dont je pouvais déterminer la position astronomique et la hauteur

A
Perpendicu

P

A
Perpendic

I

T

Perpend.

au-dessus du niveau de la mer, au moyen d'instruments de réflexion, de deux montres de longitude et de deux excellents baromètres de Fortin et de Bunten. En Sibérie, comme dans la Cordillère des Andes, j'ai mis beaucoup d'attention dans le choix des lieux d'observation, en me plaçant constamment loin de la demeure des hommes. Ce soin est surtout indispensable pour la détermination de l'intensité des forces magnétiques. J'ai tiré grand parti dans le voyage de Sibérie d'une tente dont toutes les parties vissées et les anneaux métalliques étaient en *cuivre rouge*, et qui m'a été fournie par les ateliers du grand Etat-major Impérial. J'en ai fait usage chaque fois que les pluies et l'horrible violence des vents du sud-est, qui viennent des plaines de la Tatarie, m'y ont forcé. Sans cette tente, beaucoup d'observations sur le magnétisme terrestre auraient été perdues pour la science. Les observations d'inclinaison faites à Astrakhan étant les premières qui aient été tentées dans le bassin de la Caspienne, il m'a paru important, à cause du prolongement de la ligne de déclinaison zéro vers le sud, de consigner ici, en les sauvant de l'oubli,

les excellentes observations faites dans l'Inde par l'infortuné M. de Blosseville en 1828, par conséquent peu de temps avant le commencement de mon expédition de Sibérie. Ces observations, restées manuscrites, avaient été recueillies par le capitaine Herbert qui rappelle (*Asiat. Researches*, vol. XVIII, p. 4) que ce sont les premières des parages de l'Inde.

Lieux.	*Inclinaison.*	*Déclinaison.*
Paris.	67°51′42′ N.	22°24′41″ N. O.
Calcutta.	26 32 38 N.	2 38 5 N. E.
Rangoun.	17 51 47 N.	0 49 52 N. E.
Souliperan (Ceylan).	0 36 34 S.	. . . . .
Jafnapatnam.	0 39 45 S.	1 16 0 N. E.

La boussole d'inclinaison employée par M. de Blosseville était celle de Gambey. Par cette même boussole l'inclinaison a été trouvée à Peking par M. Fuss, en décembre 1830 (couvent de la mission grecque, lat. 39°54′9″) de 54°51′,5. Déclinaison magnétique (le 10 janvier 1831) de 1°42′57″ au N. O. par un froid de — 13°,5. Des observations précises comparables entre elles à cause de l'identité des instruments et du rapprochement de l'époque, depuis les mers de l'Inde à

la Caspienne, et en Chine sont importantes pour le tracé des courbes magnétiques et leur marche progressive. C'est cependant cette *marche* même qui me semble assez contraire à une liaison supposée « entre la configuration (stable) des continents et la direction (allure) des chaînes de montagnes et des courbes isodynamiques. » (Necker, *Etudes géologiques dans les Alpes*, 1841, t. I, p. XVI, et *Biblioth. univ.* t. XLIII, p. 166.)

Plus d'un siècle avant la mémorable expédition magnétique de Hansteen et d'Adolphe Erman, le génie de Leibnitz avait déjà entrevu en partie la haute importance que pouvaient exercer sur la connaissance du magnétisme terrestre, d'un côté l'immense étendue de l'empire de Russie en Europe et en Asie, de l'autre le mélange singulier de déclinaisons orientale et occidentale dépendant soit d'une seule ligne très-sinueuse, soit de plusieurs lignes sans déclinaison. J'avais été frappé, en visitant les archives de Moscou, lors de mon second passage par cette ville, de l'ardeur avec laquelle Leibnitz, dans une lettre adressée à Pierre-le-Grand, excitait ce monarque à faire examiner dans la région continentale de ses

Etats les phénomènes de magnétisme terrestre. Des documents que le savant historien M. Pertz a trouvés dans les archives d'Hanovre et dont il a bien voulu me communiquer la copie, jettent le plus grand jour sur ces rapports entre le czar et le métaphysicien-géomètre. On apprend par une lettre de Leibnitz au général Bruce, chef de l'artillerie du czar, en date de Dresde du 21 novembre 1712, que le géomètre et le czar s'étaient vus à Torgau. Le premier avait fait construire un *globe magnétique* sur lequel étaient tracées les courbes de déclinaison d'après l'ensemble des notions nautiques qu'à cette époque on avait pu trouver sur les cartes [1]. Il demande au prince de lui renvoyer le globe « lorsque Sa Majesté

[1] Il est probable que Leibnitz s'est servi, en 1712, de la *Carte de variations magnétiques* et des importants travaux de Halley, présentés à la Société royale de Londres, de 1683 à 1692. Il devait connaître aussi la lettre de Melchior Leydeker, *de variatione Magnetis*, insérée dans les *Miscell. Acad. Nat. Curios.* 1683, p. 445. Une *série continue* d'observations de déclinaisons magnétiques dans l'Océan Atlantique, date d'ailleurs déjà de la fin du 16e siècle. Voyez *Edward Wright on certain errors in Navigation lately detectet*, 1589, p. 127.

czarine se sera plu à contempler les merveilleuses formes des lignes magnétiques. » Le globe qui se trouve encore en dépôt aux Archives d'Hanovre et qui n'a point été copié, devait être échangé contre un autre « plus digne d'être présenté au prince. »

La lettre que Leibnitz adressa au général en chef de l'artillerie est accompagnée d'un mémoire explicatif rédigé en allemand, de 14 pages, offrant une simple description du tracé des courbes de déclinaison, sans aucune vue théorique. Leibnitz insiste de préférence « sur la direction d'une (seule) ligne sans déclinaison, *linea magnetica primaria*, qu'il poursuit du Cap Vert aux côtes orientales de l'Amérique du Nord (par 36° de latitude) et de là en Asie. Cette ligne, quelqu'irrégulière qu'elle paraisse dans ses sinuosités, partage selon lui le globe en deux portions à peu près d'égale surface. Elle a quatre *puncta flexus contrarii*, sur lesquels de concave qu'elle était, elle devient convexe, d'abord entre le pôle antarctique et le tropique du Capricorne, puis dans l'Amérique septentrionale, puis vers l'Asie orientale, enfin près de la Nouvelle-Hollande. La ligne sans déclinaison est *recurrente* en

elle-même de pôle à pôle. Au commencement du 18e siècle, le pôle antarctique a le singulier avantage que la *linea magnetica primaria vel nullius variationis* s'en approche le plus, tandis que cette même ligne reste tellement éloignée du pôle arctique que la déclinaison sur ce pôle doit être de 25° ouest lorsqu'elle est seulement de 5° est sur le pôle sud. On peut supposer cependant que dans la suite des siècles le pôle nord jouira de la *prérogative* qu'a aujourd'hui le pôle opposé. La *ligne primaire* va s'éloigner du pôle antarctique. Partout sur le globe les lieux situés à l'est de la *ligne primaire* (courbe à déclinaison zéro) ont une déclinaison vers l'occident; les lieux situés à l'ouest de la ligne primaire ont au contraire la déclinaison vers l'orient. Cette déclinaison orientale de la boussole de 0° à 15° embrasse aujourd'hui (1712) une grande partie de l'Atlantique entre l'Amérique et l'Afrique, la Mer Pacifique, les confins de l'Amérique et de l'Asie, une partie de la Chine, le Japon l'Océan Indien et la Nouvelle-Hollande. » On voit par le fragment que je traduis littéralement que le tracé des courbes qu'offre le globe de Leibnitz se fondait sur des idées assez

vagues. L'aperçu général des inflexions d'une seule ligne sans déclinaison divisant le globe entier, est une idée moins précise qu'elle n'est curieuse et hardie.

Je terminerai cette notice historique sur les progrès des travaux magnétiques en Sibérie, par la traduction d'une partie de la lettre que Leibnitz adressa directement au *très-puissant et invincible Czar*. La première ébauche de cette lettre trouvée par M. Pertz dans les archives d'Hanovre, n'a pas de date, mais appartient indubitablement à la même année 1712 : « Depuis que *Votre Majesté Grand-Czarine* a daigné me faire savoir à Torgau que mes propositions ne lui déplaisaient pas, je n'ai pas manqué de faire construire un *globe magnétique*, unique dans son genre, et répandant comme une nouvelle lumière sur la navigation. Si tous les dix ans de nouvelles observations faites au moyen de bonnes boussoles étaient compulsées et que de nouveaux globes construits sur ces fondements étaient employés dans la pratique des navigations, on obtiendrait, à n'en pas douter, quelque chose qui, pour chaque intervalle de dix ans, pour-

rait servir aux longitudes, c'est-à-dire à ce que les Hollandais appellent (la connaissance de) l'*est* et l'*ouest*. En renouvelant plusieurs fois ce travail, on parviendrait à la fin à découvrir un point de départ fixe et permanent (c'est-à-dire des lois générales). Or comme l'aimant n'a pas seulement sa déclinaison dans le plan horizontal, mais aussi son inclinaison *in plano verticali*, il est de toute nécessité d'observer aussi cette dernière avec soin. J'ai construit à cet effet un appareil particulier (*instrumentum inclinationis*) et je prétends qu'*il serait à désirer que dans le grand Empire de Votre Majesté la déclinaison et l'inclinaison soient observées en beaucoup d'endroits et à différentes époques*, ce qui offrirait une grande utilité (pratique) pour la marine. Je suis dans la vive attente de voir paraître l'ordonnance que Votre Majesté daigne me promettre à cet effet. Pour tout le détail des opérations, je me rapporte aux propositions que j'ai osé Lui soumettre à Torgau. J'espère que, malgré les calamités des guerres, Votre Majesté trouvera le temps (chose la plus inappréciable parmi celles dont nous disposons!) pour organiser les recherches (magnétiques) et pour

obtenir sans dépenses majeures de grands résultats, utiles aux progrès et à l'agrandissement du domaine des sciences et des arts. En examinant un extrait de lettres[1] reçues (récemment) du Cathaï (de la Chine) et que j'ai l'honneur de communiquer à Votre Majesté, Elle verra avec quelque satisfaction que là aussi on est occupé de la culture des sciences. *Votre Majesté sera le lien entre l'Europe et la Chine.* J'ai la confiance qu'ayant en vue un but si important, je pourrai me flatter de la gracieuse indulgence de V. M. Le docteur Donelli, son premier médecin, étant mort, je fais des vœux pour qu'Elle donne cet emploi à une personne versée dans les sciences physiques et capable de coopérer au progrès des sciences. Puisse un tel homme pendant de longues années être encore utile à Votre Majesté czarine, moins comme médecin par des ordonnances et des médicaments qu'en embrassant la carrière scientifique et en en étendant les limites. »

On reconnaît de nouveau par cette lettre

[1] Sans doute des communications faites par les missionnaires de la Compagnie de Jésus.

avec quelle noble ardeur et en même temps avec quelle adresse l'illustre géomètre savait rendre utile au progrès des sciences ses liaisons avec les princes. Tout, jusqu'au choix du premier médecin de la cour, doit conduire au même but, à celui d'avancer les recherches sur le magnétisme terrestre et les phénomènes de Physique générale dans un empire grand comme la partie de la lune que nous voyons. La prédilection toute hollandaise qu'a montrée le czar pour la pratique de la navigation fait espérer que les propositions magnétiques seront accueillies avec intérêt. On exagère adroitement pour cela l'amour des sciences que les Pères Jésuites ont excité en Chine : c'est le moyen de piquer la vanité d'un puissant monarque qui peut servir de lien entre les deux civilisations européenne et chinoise. Il est remarquable que le grand géomètre qui le premier avait conçu les avantages d'une *Expédition française en Egypte* ait aussi devancé les vœux des Physiciens relatifs aux travaux du Magnétisme terrestre. Le désir de Leibnitz que dans le vaste empire de Russie on observe régulièrement et à des époques fixes les phénomènes d'inclinaison et de déclinai-

son, a été accompli en 1829. Par la noble munificence du gouvernement Impérial, une longue série de *stations magnétiques et météorologiques* a été fondée à travers tout le nord de l'Asie, depuis Pétersbourg, Kazan et la chaîne de l'Oural jusque vers les rives de l'Amour, près de l'Océan Pacifique. Le zèle infatigable de mon savant ami M. Kupffer a accéléré et coordonné ces grands travaux en les dirigeant d'un point central et en parcourant récemment lui-même l'immense ligne qui traverse le continent de l'Asie de l'ouest à l'est. Des observations de M. Arago [1] sur des perturbations ou *orages magnétiques* correspondantes aux observations de M. Kupffer à Kazan, avaient fait sentir depuis longtemps l'importance des observations simultanées. Une *maison magnétique* a été construite dans la capitale de la Chine où les travaux de M. Fuss ont été continués par M. Kovanko, qui vient de revenir de Peking où il a été établi plus de 10 ans. J'ai eu la satisfaction d'être admis à partager, au sein de l'Académie de St.-

[1] Comparez ma lettre adressée à S. A. R. le duc de Sussex (avril 1836), p. 3.

Pétersbourg, les travaux de la première fondation de ces grands et utiles établissements.

Note. Pour spécifier chronologiquement avec une exactitude plus rigoureuse les rapports personnels que Leibnitz a eus avec Pierre le Grand, je vais consigner dans cette note les données suivantes que M. Pertz, aujourd'hui Conservateur en chef de la Bibliothèque Royale de Berlin, a tirés des manuscrits inédits de l'illustre géomètre conservés aux Archives d'Hanovre. «Le Czar se trouvait en Allemagne dans les années 1711 et 1712, la première fois à cause du mariage de Czarewitch Alexis, son fils, avec une princesse de Brunswick-Wolfenbüttel; la seconde fois à cause de la guerre avec les Suédois en Poméranie. Leibnitz suivant, par office, les petites cours de Wolfenbüttel et de Blankenbourg, assistait aux fêtes des noces d'Alexis. Il eut les premiers entretiens scientifiques avec le Czar à Torgau en octobre 1711. Il est probable que dès-lors les projets relatifs aux variations de magnétisme terrestre furent communiquées verbalement au monarque. Celui-ci, en septembre 1712, quitta l'armée en Poméranie et se rendit par Berlin, Wittenberg et Leipzig aux eaux de Carlsbad. En novembre 1712 le czar retourna sur l'Elbe à Dresde. Il y séjourna pendant 15 jours et rejoignit son armée en Poméranie en passant de nouveau par Berlin. Or comme Leibnitz, dans son voyage à Vienne où il séjourna jusqu'en 1714, devait traverser Dresde, il est très-probable que dans cette capitale de la Saxe il eut de nouveau de fréquentes entrevues avec Pierre le Grand. La lettre dont la traduction a été donnée plus haut est de cette époque. »

NOTICE

SUR LA POSITION ASTRONOMIQUE

DE QUELQUES LIEUX DANS LE SUD-OUEST DE LA SIBÉRIE.

Les observations d'inclinaison et d'intensité de forces magnétiques ne peuvent être utiles à la connaissance des lois du magnétisme terrestre à une époque donnée, qu'autant que la position des lieux où ces observations ont été faites est fixée avec quelque précision, selon les coordonnées de latitude et de longitude. Le travail astronomique auquel je me suis livré avec assiduité pendant le cours de mon expédition a eu pour but principal de remplir cette lacune. Comme les observations magnétiques de MM. Hansteen et Adolphe Erman ont été presque simultanées avec les miennes, leur ensemble embrasse une vaste partie de l'Asie boréale. Elles ont été immédiatement suivies par les observations de M. George de Fuss dans son voyage à Peking et par celles de M. Wassili Fedorow qui pendant 6 ans (1832-1837) s'est livré à un travail astronomique plus grand peut-être qu'on n'en ait ja-

mais exécuté dans l'intérieur d'un continent [1].

La courte *Notice* que je donne ici et dont la première ébauche a été présentée dans un mémoire lu à l'Institut au mois d'octobre 1830, rappelle les fondements principaux des *positions* insérées dans le tableau magnétique qui précède [2]. Je me suis imposé la loi, dans le voyage de Sibérie, comme dans celui d'Amérique équinoxiale, de conserver tout le détail des observations d'astronomie, de magnétisme ou d'hypsométrie, et de faciliter par là, pour la suite des temps, l'examen rigoureux du degré de probabilité que méritent les données partielles. Le nombre des points dont j'ai désiré fixer la position astronomique s'élève à trente [3]. Plusieurs d'en-

[1] Comparez plus haut, t. I, p. 346.

[2] T. III, p. 440.

[3] Dix de ces points coïncident avec les lieux d'observations beaucoup plus précises de M. Fedorow : ce sont Orenbourg, Ekatherinenbourg, Bogoslovsk, Tobolsk, Petropavlovsk, Omsk, Oust-Kamenogorsk, Bouktarminsk, Barnaoul et Semipolatinsk. Quinze autres points sont ceux où, selon l'intéressant rapport de M. de Struve (*Vorläufiger Berichte über die astronomisch-geographi-*

tre eux ne seront pas sans intérêt pour le perfectionnement progressif des cartes de la Sibérie méridionale. Toutes les latitudes ont été déterminées par les hauteurs circomméridiennes du soleil en employant des instruments à réflexion (sextants de Ramsden et de Troughton), munis de lunettes à forts grossissements. Les latitudes données par *chaque* hauteur circomméridenne ne diffèrent généralement de la moyenne que de 10″ à 15″. Les longitudes, pour le plus grand nombre, sont dues au transport du temps : plusieurs ont en outre été fixées par des distances lunaires [1]. L'excellent chronomètre de

schen Arbeiten in West Sibirien, 1838), M. Fedorow n'a pas observé après moi, savoir : Miask, Ouralsk, Saratow, Troizk, Lac Elton, Dubowka, Sarepta, Astrakhan, Biroutchicassa, Beresovsk (près Ekatherinenbourg), Nijneï-Taguilsk, Alapaewsk, Schlangenberg, Sirianowski et Krasnyje-Iarki, dans le sud de l'Altaï.

[1] Des distances de la lune au soleil, à Jupiter ou à des étoiles ont été prises à Ekatherinenbourg, Tobolsk, Schlangenberg, Krasnyje-Iarki, Semipolatinsk, Miask, Orenbourg, Sarepta et Astrakhan. Malgré le peu de temps que j'ai pu sacrifier aux observations de géographie astronomique, je n'ai négligé aucun moyen qui se

Kessels que je possède aujourd'hui par la munificence du roi de Danemark, n'ayant pas été terminé au moment où je partais pour la Sibérie, mon savant ami M. Schumacher, directeur de l'Observatoire d'Altona, a bien voulu me prêter, pour toute la durée de l'expédition russe, le chronomètre d'Earnshaw n° 464. L'uniformité de la marche de cet instrument avait été vérifiée [1] dans beaucoup de voyages de terre; mais comme M. Kessels avait cru devoir le nettoyer peu de jours avant mon départ, sa marche a présenté une augmentation progressive de retard diurne : mais par bonheur ce retard a été, de Kazan au Schlangenberg dans l'Altaï, exactement proportionnel au temps écoulé. J'ai eu soin de constater la marche du Garde-temps

présentait pour multiplier l'emploi des méthodes d'investigation.

[1] M. Encke observe que le chronomètre d'Earnshaw, avant d'avoir été nettoyé, avait donné dans les dix voyages doubles faits de Berlin à Altona, conjointement avec 20 autres chronomètres, en 1835, la différence de longitude de ces deux villes 13' 48",710, quand la moyenne de tous les chronomètres était 13' 48",736. (Voyez *Berliner Iahrbuch*, 1839, p. 275.)

partout où j'ai séjourné, en multipliant les angles horaires et les hauteurs correspondantes du soleil. D'abord après mon retour j'ai mis au net mon journal astronomique avec les calculs que j'avais faits pendant le voyage. Mon collaborateur M. Oltmanns [1] a calculé de nouveau les observations et les a discutées (1831-1833) dans un mémoire de 62 feuilles que je dépose à l'Observatoire royal de Berlin. Une seconde révision de mon travail a été faite par mon illustre confrère M. Encke, et pour éviter l'incertitude des hypothèses un peu vagues sur la marche d'un chronomètre en repos et dans le mouvement des voitures, cette révision a fourni, par une disposition particulière de comparaisons chronométriques, des résultats de longitude contenus entre les limites étroites de certaines positions qu'on peut appeler *fixes*, parce que, indépendantes du transport du temps, elles se trouvent fondées

[1] Le travail de M. Oltmanns n'était pas encore terminé, lorsqu'en 1831 j'ai publié le second volume des *Fragments asiatiques*. Cette circonstance explique les différences de positions que présente la publication actuelle qui est basée principalement sur le mémoire du secrétaire perpétuel de l'Académie de Berlin.

sur des observations *absolues*. M. Encke admet comme positions fixes auxquelles il réduit mes longitudes chronométriques intermédiaires :

1) *Kazan*, à l'Observatoire, long. 3^h 7' 4" ou 46°46'.
2) *Tobolsk*, long. 4^h 23'54" ou 65°56'15" selon Chappe; long. de la pierre où a observé cet astronome voyageur. L'éclipse du soleil de 1761 donne 4^h 23' 45", et le passage de Vénus 4^h 23' 44",3.
3) *Orenbourg*, selon Wisniewski, long. 3^h 31' 5" ou 52°46'15".
4) *Astrakhan*, long. 3^h 3' 0" ou 45°45'.
3) *Ekatherinenbourg*, encore selon Wisniewski, long. 3^h 52' 57", mais comme mon chronomètre a donné par interpolation entre Kazan et Tobolsk 3^h 53' 6", nous nous arrêtons à long. 3^h 53' 2" ou 58°15'30". Ce point a offert de plus l'avantage de doubles observations chronométriques, avant et après l'excursion que j'ai faite dans l'Oural *septentrional*, ce qui rend manifeste l'accumulation des erreurs dans la marche du Garde-temps pendant l'intervalle écoulé. J'ai déjà tiré parti de ce retour vers *un même lieu* (les Cataractes d'Aturès et Maypurès) dans les déterminations du cours de l'Orénoque, du Rio-Negro et du Cassiquiare.
6) *Schlangenberg* ou Zmeïnogorsk, la célèbre mine de l'Altaï, long. 5^h 20' 47" ou 80°11'45", d'après deux séries de distances de la lune au soleil que j'y ai prises, donnant l'une 5^h 20'31", l'autre 5^h 21'3".

Maison de l'intendance dont j'ai trouvé la latitude le 8 août 51° 8' 56" et le 9 août 51° 8' 40".

7) *Semipolatinsk*, deux séries de distances lunaires m'ont donné 5h 10' 39",8, et 5h 11' 21",9, moyenne 5h 11' 1" ou 77°45'15".

8) *Miask*, par mes distances de la lune au soleil 3h 51'13" ou 57°48'15". J'ai trouvé la latitude de Miask (faubourg des colons transportés du gouvernement de Pensa) au sud de l'église de Zavod, 54° 58' 31". M Kupffer s'arrête à 54° 59' 8".

En réduisant mes résultats chronométriques à ces 8 points regardés comme indépendants les uns des autres, je trouve dans l'Oural les longitudes de Beresowsk 58°25'2", de Nijneï-Taguilsk 57°40'6", de Bogoslovsk 57°42'24", d'Alapaevsk 57°22'3". M. Erman trouve Ekatherinenbourg seulement de 1'4", mais Nijneï-Taguilsk de 7'16" (en arc) plus oriental qu'il ne résulte de mon travail. A la pente septentrionale de l'Altaï, la belle ville de Barnaoul mérite une attention particulière, parce que sa longitude a influé dans le tracé des cartes sur celle du Haut-Irtyche et de la Dzoungarie chinoise. Islenieff la plaçait par 81°6'49" (5h 24'27",3); c'est la détermination qui se trouve consignée dans le tableau de po-

sitions du lieutenant-général de Schubert et avant 1830 dans la *Connaissance des temps*. Islenieff se fondait sur une immersion du IIe sat. de Jupiter (7 février 1770), calculé d'après les anciennes tables. En calculant à son tour cette observation d'après les tables de Delambre, M. Oltmanns a trouvé une longitude encore plus *orientale*, 80°57′30″ (5h 23′50″). J'arrivai le 2 août sur les bords de l'Obi, et les angles horaires pris le lendemain prouvèrent, à mon grand étonnement, que l'ancienne position était trop *occidentale* de plus d'un demi-degré. Le transport du temps de Tobolsk me donnait 81°37′35″, celui du Schlangenberg 81°49′6″ : moyenne 81°43′20″. M. Encke s'arrête dans la rédaction de mes observations à 81°43′27″ (5h 26′53″,8). Mes doutes sur la position beaucoup trop occidentale de Barnaoul ont été confirmés par M. Hansteen qui a passé par cette ville plusieurs mois après moi, en retournant d'Irkoutsk par la ligne de l'Irtyche à St-Pétersbourg. Cet excellent observateur s'arrêta d'abord[1] à

[1] Lettre du 1er janvier 1830, adressée à M. Kupffer. (*Bulletin scient. de l'Ac. de St-Pétersbourg*, 1831, p. IX.)

81°47′1″, plus tard[1] définitivement à 81°36′42″. Comme la plupart des expéditions russes au Tarbagataï et vers Gouldja ont pris Barnaoul et Semipolatinsk pour point de départ, la position astronomique de ces lieux a quelque importance pour la géographie asiatique. Je trouve, comme je l'ai déjà indiqué plus haut, par des distances lunaires, Semipolatinsk 77°45 15″

[1] Lettre à M. Schumacher, du 26 déc. 1830, dans *Astron. Nachr.* n° 198, p. 110. « La longitude de Barnaoul donnée par Islenieff, dit M. Hansteen, est sans doute d'un demi-degré trop petite. » Il ajoute qu'elle ne peut atteindre la limite de 81° 50′ que je lui avais assignée d'abord après mon retour dans les *Astron. Nachr.* n° 181, p. 267. Comme mon chronomètre d'Earnshaw donne par la méthode d'interpolation 5ʰ 26′ 53″ ou 81°43′45″, il reste entre mon résultat chronométrique et celui de M. Hansteen, fondé sur Tomsk, une différence de 28″ en temps. Tomsk est, d'après Hansteen, 82°49′36″, d'après Erman 82°48′36″, d'après Fuss, par le transport du temps d'Omsk, 82° 37′ 33″; mais M. Fuss place Omsk 10′ en arc plus à l'est que Hansteen et moi : aussi place-t-il Krasnojarsk 90° 29′ 49″, quand Erman lui assigne 90° 36′ 55″. M. Fedorow, qui a tant multiplié ses méthodes d'observation, va répandre bientôt un nouveau jour sur la géographie de ces contrées.

(lat. 50°23′52″, maison de M. Popow[1]), Boukhtarminsk par le chronomètre 81°13′20′ (lat. 49°34′44″, dans la plaine au pied de la montagne granitique pyramidale du Biri-tau, à la distance de 200 toises au N. O. du Krepost ou fortin de Boukhtarminsk); Oust-Kamenogorsk 80°10′54″ (lat. 49°56′14″, maison de M. Nakariakof); Sirianowski 82°1′29′ (lat. 49°43′9″, maison de l'Intendance des mines). Le chronomètre a dû souffrir les horribles cahots des *longues voitures* (*talègues sibériennes*) dans lesquelles nous avons fait le trajet par terre d'Oust-Kamenogorsk à Boukhtarminsk; de ce dernier endroit nous sommes allés par la mine de Sirianowski à la *redoute* de Krasnaya-Yarki[2], le *Vorpost* le plus oriental des Cosaques de

[1] M. Hansteen adopte pour Semipolatinsk long. 78° 0′ 56″, lat. 50° 24′ 2″. Il a observé probablement dans la même maison que moi, ce qui n'a pas été le cas en d'autres lieux.

[2] Il ne faut pas confondre ce *Vorpost* des Cosaques où j'ai observé dans les nuits du 16 et du 18 août, et qui est situé 3 verst à l'ouest de Mali-Narym, avec la ville de Krasnojarsk sur le Ienisei, située sur la grande route de Tobolsk à Irkoutsk, ou avec d'autres lieux de ce nom qui est très-commun en Sibérie.

l'Irtyche, sur la frontière de la Chine (long. 81°51′8″, lat. par une très-bonne observation 49°14′56″). De Krasnaya-Yarki nous nous rendîmes au campement chinois de *Khoni-mailakhou* que les Russes appellent Baty. Des motifs de prudence faciles à deviner, m'ont engagé à n'observer que deux verst et demi à l'ouest du campement chinois, dans un lieu solitaire où j'ai pu prendre des hauteurs du soleil couchant. Ce lieu a été lié par quelques relèvements à Krasnaya-Yarki et à Khoni-mailakhou. Sa longitude serait 81°32′24″ si la latitude peut être supposée de 48°57′. En revenant du campement chinois, je suis retourné à Krasnaya-Yarki, à Boukhtarminsk et à Oust-Kamenogorsk, de sorte que j'ai eu l'avantage d'observer deux fois dans chacun de ces lieux. Je consignerai ici la position astronomique d'un autre point isolé dans la steppe des Kalmuks, entre le Volga et le Iaïk et qui, je crois, ne se trouve pas dans les tables de positions de l'Empire russe, au perfectionnement desquelles M. le lieutenant-général de Schubert, chef du bureau topographique de l'état-major, travaille avec un zèle et un succès si louable. J'ai trouvé la longitude de Doubowka, célèbre par le

projet conçu par Pierre-le-Grand pour la jonction du Volga et du Don, 43°46′28″, et le Lac Elton[1], remarquable par la salure et l'étendue de ses eaux, 44°15′36″ (lat. 49°7′17″). A Omsk j'ai obtenu (jardin planté par le Gouverneur-général M. de Kaptzewitz, dans la forteresse même), pour la lat. le 25 août 54°59′8″, le 26 août 54°59′6″ et pour la long. 70°57′48″, MM. Hansteen et Fuss y ont observé après moi; le premier s'arrête à 70°59′25″; le second à 70°47′22″. Je terminerai cette liste de mes observations par les positions qui suivent :

Ouralsk (Cosaques du Iaïk), lat. 51° 11′ 49″, long. 49° 2′ 15″. Maison du Hetman M. de Baradin. Wisniewski avait trouvé (Kasanskaya Tserkof) lat. 51°11′23″, long. 49° 2′ 2″.

Troizk, lat. 54° 4′ 45″, long. 59°15′ 32″. (Wisniewski s'arrête à lat. 54° 4′ 33″, long. 59° 8′ 46″.)

Petropavlovsk, lat. 54° 52′23″, long. 66°46′ 17″. (Selon Hansteen, lat. 54°52′ 32″, long. 66°37′10″.)

Saratow, lat. 51°31′ 12″, long. 43° 46′ 18″. (Selon Wisniews-ki, lat. 51°31′ 41″, long. 43° 40′ 0″.)

[1] J'ai observé au bord sud-ouest du lac, à cent toises de distance au sud de l'église de la Saline.

Omsk, lat. 54°59'8", long. 70°57'48".
Sarepta, lat. 48°30'28", long. 42°16'26".
Ile Biroutchicassa, dans la Mer Caspienne, lat. 45°43'42", long. 45°17'44".

Dans le travail dont j'offre ici un premier aperçu, et qui a servi de fondement dans la partie boréale et occidentale de ma carte d'Asie, les positions du Haut-Irtyche (long. 81°$\frac{1}{2}$) ont été liées par une ligne chronométrique non interrompue, à travers la steppe de l'Ichim, à la partie méridionale de l'Oural, au Volga et à la Mer Caspienne (long. 43°$\frac{3}{4}$–45°$\frac{1}{4}$). C'est une étendue de terrain de 38° en longitude.

La *Carte hypsométrique des chaînes de montagnes de l'Asie centrale* qui accompagne cet ouvrage et à la correction de laquelle j'ai travaillé assiduement pendant trois ans, a été tracée selon les mêmes principes qui m'ont guidé dans la *Carte des Cordillères de l'Amérique méridionale* dessinée dans les années de 1827 à 1331 et publiée dans l'*Atlas géographique et physique* de mon *Voyage aux Régions équinoxiales*. Ce qui caractérise ces cartes c'est la suppression d'un grand nombre de *détails*

orographiques et hydrographiques. Strictement assujetties à des positions astronomiques bien choisies et que l'on peut considérer comme certaines entre des limites très-étroites, basées sur une discussion approfondie de la configuration du sol dans les régions moins connues, ces cartes ne doivent présenter que de grandes lignes géodésiques, la direction *moyenne* des chaînes, l'*allure* des principaux soulèvements qui constituent la charpente du globe dans un vaste continent. Ces *généralisations* de formes peuvent paraître hasardées, mais par le principe sur lequel elles reposent, elles n'ont rien d'arbitraire ; elles sont le résultat d'une étude assez minutieuse des cartes les plus spéciales, des itinéraires et surtout, pour une partie importante et très-centrale, des excellentes descriptions que fournit la littérature géographique des Chinois.

La simplicité de la nomenclature, aussi nécessaire en géographie qu'elle l'est dans toutes les parties de l'histoire naturelle descriptive, doit être en harmonie avec la simplicité du tracé des soulèvements. Pour faire ressortir les caractères essentiels des inégalités de la surface, pour produire une impression plus

vive dans l'esprit, les cartes hypsométriques ne doivent pas être surchargées de noms. Souvent des positions ont été ajoutées, non comme positions astronomiques, mais pour faciliter l'*orientation* et pour pouvoir rattacher le détail descriptif que renferme mon livre à des localités spéciales. Dans un traité d'*alignement orographique* et de *Climatologie comparée*, la projection de Mercator m'a paru préférable à toute autre. Les idées de parité et d'*horizontalité* se trouvent liées dans notre imagination : les différences des *latitudes isothermes* et *géographiques* (fondement principal de nos connaissances sur la distribution de la chaleur à la surface du globe) frappent le plus en suivant un même parallèle sur une *carte réduite*, soit que l'inflexion de la courbe isotherme résulte de la hauteur verticale (*altitude*) du lieu, soit que des causes qui les modifient agissent dans un plan horizontal. La chaleur moyenne de l'année et le partage de cette chaleur entre les différentes saisons est *fonction* des trois coordonnées de distance polaire, de longitude et d'élévation du sol au-dessus du niveau de l'Océan. Une carte hypsométrique rappelle par conséquent tout

ce qui est l'effet de la variété de ces rapports de position et de climat.

Dans le *Supplément* qui termine cet ouvrage, j'ai réuni une partie des éléments numériques qui ont servi de fondements à mon travail. Il serait inutile de répéter ici que, parmi les déterminations de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan, les unes se fondent sur des opérations trigonométriques très-précises (Ararat, Elbrouz, Kasbek, Himalaya, dépression de la Mer Caspienne), d'autres sur des mesures à l'aide du baromètre (Oural, Altaï, Gobi), d'autres encore (Perse, Afghanistan) sur le degré de température de l'eau bouillante. Ces dernières déterminations exigent des soins que l'on peut rarement supposer chez les voyageurs qui ne sont pas accoutumés à des expériences de physique délicates et précises. Elles offrent de plus souvent le grand inconvénient d'être le résultat de calculs dont on ignore les bases et la méthode employée.

SUPPLÉMENT.

DE LA BANDE AURIFÈRE

QUI TRAVERSE

LE NORD DE L'ASIE,

A L'EST DE LA CHAINE DE L'OURAL.

(Note supplémentaire à tome I, p. 378-411.)

Frappé de la dissémination particulière qu'offrent de l'ouest à l'est les alluvions d'or et de platine à travers une grande partie de la Sibérie entre les 54° $\frac{1}{2}$ et 56° de latitude, je priai M. le lieutenant-général de Tcheff'kine, si vivement intéressé à encourager des recherches géognostiques, lors de son dernier passage par Berlin (en décembre 1840) de vouloir bien faire recueillir des renseignements précis sur la position géographique et sur l'étendue de cette zone en exploitation très-récente. Ma prière fut accueillie avec beaucoup de bienveillance, et déjà au printemps de l'année 1841, M. le comte de Cancrine m'adressa une carte manuscrite construite sur une très-grande échelle, et accompagnée d'une notice qui indique la ri-

chesse relative de chaque *groupe de lavages*. Cette notice que je vais consigner ici, divise le terrain de transport exploité jusqu'ici en douze petits systèmes. J'ai tâché, autant que les dimensions de ma *carte hypsométrique* de *l'Asie centrale* pouvaient le permettre, de figurer par le signe chimique consacré à l'or, les gisements des sables aurifères qu'offrait la grande carte dressée pour mon usage au Dépôt des cartes du corps des mines de Saint-Pétersbourg.

1. *Groupe des rivières de Berd et Inia*, affluents de l'Obi, venant de la pente occidentale de la chaîne de Kousnetzk, dirigée N.-S. Lat. 54°50′ à 55°20′ (long. à l'orient de Paris à peu près de 83°). L'exploitation de ce terrain de transport a commencé dans les années 1830 et 1832. Jusqu'en 1840 les trois lavages ont produit 50 poud d'or.

2. *Groupe du Tom*, affluent plus septentrional de l'Obi, venant de la pente orientale de la chaîne de Kousnetzk. Lat. 55°-56° ½. Six lavages ont donné, 1831-1840, près de 220 poud d'or.

3. *Groupe de la Kya*, affluent de Tchoulim, qui vient d'Atschinsk et est lui-même

un affluent oriental de l'Obi. Cinq lavages ont fourni, de 1830 à 1840, le produit de 496 poud d'or. Lat. 55°-57°. Les plus riches exploitations sont celles de Talanofka et de Wosskressensk sur le Koundoustoyle ou Koundoustioul. La dernière a fourni à elle seule 257 poud d'or, et ne le cède en rien aux gîtes les plus riches de l'arrondissement de Slatoust[1].

4. *Groupe d'Atchinsk*, à l'est du chaînon Bielogori. De 1833-1840 seulement 25 poud d'or, Lat. 56° $\frac{1}{4}$.

5. *Groupe d'Abakansk et Minousinsk*, sur le Haut-Ieniseï. Produit de quatre lavages peu riches, 67 poud d'or de 1833-1840. Lat. 53° $\frac{3}{4}$-56°.

6. *Groupe du Kan*, affluent du Ieniseï. Trois lavages, de 1834-1840, seulement 11 poud d'or. Lat. 55°.

7. *Groupe de la Biroussa*, qui envoie ses eaux au Ieniseï par l'Ona, la Tassewa et la Werkhnaya-Toungouska. Lat. 54°-58° $\frac{1}{4}$. Quatre lavages ont donné 167 poud d'or de 1836-1840, Le dépôt des sables aurifères sur la

[1] *Annuaire des mines de Russie*, Introduction, p. 152, et *Ann. pour année* 1837, p. 94, 99 et 227.

Khorma, affluent de la Grande-Biroussa était en 1838 peut-être le plus riche de toute la Sibérie orientale. 100 poud de sable renfermaient (*teneur* moyenne) 5 zolotnic 74 dolei[1].

8. *Groupe de la Werkhnaya-Toungouska*, affluent du Ieniseï, lat. 58°-58° ½, à peu près par long. 94°. L'exploitation n'a commencé qu'en 1838 et a donné 33 poud d'or.

9. *Groupe de la Podkamennaya-Toungouska*. Lat. 60°-61°, par long. 92° ½. Trois lavages qui depuis 1840 ont donné 3 poud d'or. Les riches sables de la petite rivière Pita offrent 11 zol. par 100 poud.

10. *Groupe de l'Angara*, à l'ouest et au nord-ouest du Lac Baikal, à 4 et 20 lieues de distance (lat. 51° ¼-52° ¾), surtout aux sources et à l'embouchure du Kitoi, affluent de l'Angara[2].

11. *Groupe oriental de la Daourie*, ou des lavages de Nertchinsk sur l'Onon et la Schilka. Lat. 51°-52 ½, à peu près long. 113°-115° ½. Ces lavages n'ont donné de 1833-1840 que 13 poud d'or.

12. *Groupe de la Steppe des Kirghiz*

[1] L. c. année 1839, p. 370.
[2] L. c. année 1835, p. 55.

(horde moyenne) 0° ½ à 1° ½ au sud d'Oustkamenogorsk, près des sources du Djouss-Iagatche, qui tombe dans le Lac Dsaisang. Ce groupe se trouve séparé de la vallée de l'Irtyche par la petite chaîne de Kolbinski.

Lorsqu'on jette les yeux sur la carte, on reconnaît que le terrain d'alluvion aurifère de la Sibérie est compris, en signalant les limites extrêmes, entre les parallèles de 48° ½ (dans la steppe des Kirghiz) et de 61°, aux rives de la Podyamennaya Toungouska. Cette étendue occupe, du méridien de la pente S. O. de l'Altaï à la vallée de l'Onon, affluent de l'Amour, 37° de longitude, distance à peu près égale à celle de Paris à Moscou; mais ayant égard à la *richesse relative* et à la production de l'or dans la zone sibérienne exploitée jusqu'ici, on trouve que le dépôt d'or le plus important semble restreint entre le bassin de l'Obi, proprement du Berd, les rives du Tom, la chaîne du Kousnetzk et la Biroussa, c'est-à-dire *entre les parallèles de* 54 ½ *et* 56°. La zone la plus riche me semble suivre aujourd'hui le parallèle de 55° entre les longitudes de 83° et 97° ½. Si l'on range les groupes selon les produits qu'ils

ont donnés depuis leur première exploitation jusqu'en 1840, il faut les désigner dans l'ordre qui suit :

Groupe de la Kya, 496 poud.

Groupe du Tom, au sud-ouest de la Kya, 220 poud.

Groupe de la Biroussa, au nord-est d'Abakansk et à 140 lieues de distance de la Kya, 167 poud. La *teneur* des alluvions de la Biroussa était l'année 1838 de 1 $\frac{3}{4}$ zolotnic par 100 poud de sable aurifère. Sur la Khorma, affluent de la Biroussa, la richesse s'élevait même à plus de 5 zoltonic 74 $\frac{1}{2}$ dolei [1].

Groupe d'Abakansk et de Minousinsk, 67 poud. (*Gornoi Journ.* 1841, n° 4, p. 177.)

Tous les lavages de la Sibérie à l'est de l'Oural, dont les plus anciens sont de 1829, ont rendu jusqu'en 1840 la masse de 1120 poud 15 $\frac{1}{2}$ livres d'or (18350 kil.). Les minerais d'argent du Schlangenberg s'étant montrés richement aurifères, surtout très-près de la surface du sol, les lavages d'or de l'Oural ont dû bientôt faire

[1] *Annuaire des mines de Russie pour* 1839, p. 370.

naître l'espoir de découvrir aussi dans l'Altaï des alluvions aurifères dont l'exploitation pourrait être avantageuse. Les premiers essais furent faits assez infructueusement dès l'année 1825, d'abord près du Schlangenberg même, puis dans la partie snd-est de l'Altaï, dans les ravins de la haute chaîne du Kolzoun, entre les rives de la Boukhtarma et de la Khatunia. C'est le général Beger que j'ai eu l'avantage de connaître dans le nord de l'Oural, à Bogoslovsk, qui, conjointement avec un négociant intelligent et hardi, M. Popoff, a eu le mérite de donner aux recherches de l'or en Sibérie la plus heureuse direction. Nommé directeur des mines dans la circonscription étendue de l'Altaï, M. Beger abandonna les travaux de Kholzoun et attaqua, cinq à six degrés plus au nord, la petite chaîne de montagnes qui sépare les eaux du Tom de celles de l'Obi. « Cette chaîne passe au nord de Kousnetsk, et après avoir été en quelque sorte encadrée par la rivière Tchoumyche, elle se bifurque dans les environs de Salairsk et en s'infléchissant brusquement à l'O. N. O. elle donne naissance à la Berd qui reçoit plusieurs autres ruisseaux. Ce rameau occidental est

compris entre les embouchures du Tchoumyche et de la Berd, le rameau oriental ou du nord-est entre la Berd et l'Inia. La chaîne bifurquée porte le nom de *chaîne de Salair.* » (*Annuaire*, Introd. p. 147. *Ann. pour* 1838, p. 29.)

M. Popoff, après avoir fait longtemps des fouilles dans le grand bassin de grès houiller qui environne la ville de Tomsk, avait été assez heureux pour découvrir, dès l'année 1828, le premier gisement d'alluvion valant la peine d'être exploité, sur les bords de la rivière Birikoul, un des affluents de la Kya. (*Annuaire pour* 1838, p. 264.) Cette contrée montueuse entre la Kya et la Berd « offre les mêmes caractères géognostiques que la chaîne (dioritique) de l'Oural. Elle appartient à la branche orientale de cette bifurcation de la chaîne de Kousnetsk dont nous avons parlé plus haut. Sur le versant opposé de la même branche qui donne abondamment ses eaux à l'Iléa, on a découvert d'autres alluvions aurifères. » (*Annuaire*, Introd. p. 148.) Dans les descriptions orographiques bien incomplètes qui ont été publiées jusqu'ici des systèmes *méridionaux* de montagnes qui se dirigent presque à angle droit sur la pente sep-

tentrionale de l'Altaï, les *Chaînes de Kousnetsk et de Salairsk* sont tantôt confondues avec l'*Alatau* (Alataou), tantôt elles en sont entièrement séparées[1]. Ce qui paraît bien certain, c'est que dans l'usage du peuple, l'arête qui s'élève *entre le Tom et l'Obi* porte le nom de *Chaîne* de *Kousnetsk*, tandis que l'*Alatau* que M. Simonoff[2] appelle les *Monts Tomsko-Ieniseisk*, est situé entre le Tom et le Tchoulym; mais en comparant les vagues descriptions orographiques que nous possédons jusqu'ici avec une Carte dans le *Gornoi Journ.* 1841, n° 4, ou avec une autre *du Gouvernement de Tomsk* contenant les mines de la circonscription de *Kolyvano-Voskressensk* (n° III de l'Introd. de l'*Annuaire*), on reconnaît que les montagnes *Abakansko-Salairsk* et l'*Alatau* se rejoignent vers le sud, un peu à l'est de Sandypskoi, dans le méridien du Lac Telezk, bassin que les beaux travaux de M. de Helmersen

[1] Comparez *Annuaire*, Introd. p. 148, et *Ann. pour* 1839, p. 28, avec un mémoire de M. More (*Gornoi Journ.* 1841, n° 8) et avec t. I, p. 380 de mon ouvrage.

[2] Voyez l'intéressant Mémoire du major Simonoff sur les gisements aurifères à l'ouest du Ieniseï, dans l'*Annuaire pour* 1837, p. 84-105.

nous ont fait connaître. La direction générale de ce système aurifère est N. N. O–S. S. E. Il est donc géologiquement aussi différent du système de l'Altaï que les systèmes *Paralasa* ou *Kanda* le sont de l'Himalaya ou du *Sufeid-Koh*. En nommant *or de l'Altaï* les produits des lavages de la Kya ou de la Biroussa, on fait allusion à une circonstance très-accidentelle de la hiérarchie administrative, où l'on énonce une hypothèse sur l'origine des alluvions aurifères de Sibérie qui ne repose encore que sur de faibles probabilités.

L'*Alatau* (les *Monts bigarrés*) dont le nom *significatif* est malheureusement si souvent répété dans l'Asie boréale, offre « des hauteurs considérales et couvertes de neiges perpétuelles. » Des pics vers l'ouest sont appelés par les Tatars *Tasskile* (*Taskuïl*), c'est à dire *montagnes blanches*. (T. I, p. 384.) Ce sont les *Bielo Gorie* des habitants russes. La coupole granitique de l'*Eberghueluï-Tasskile* a été comparée au Mont Blanc [1]. Une partie septen-

[1] D'après la latitude de ces sommets, je pense qu'à 900 t. de hauteur ils doivent déjà dépasser la limite des neiges perpétuelles. Le Pic mesuré par M. Fedorow

trionale de l'Alatau dont la direction est parallèle à celle de la Kya en longeant les rives du Kojoukh, porte spécialement le nom d'*Alatag*[1]. On a prétendu d'abord que dans les alluvions de Sibérie les *pépites* étaient plus rares que dans l'Oural : cependant dans le système des alluvions de la rivière Koundat, affluent de la Kya et naissant à la pente orientale du *Taskuil-Eberghuel*, on a trouvé des masses d'or arrondies de 3 à 5 livres. Celle qui pesait 24 livres 48 zolotnics provenant du lavage de Petropavlofsk, n'était cependant qu'un fragment de roche (gangue?) quarzeuse traversé de lames d'or dans tous les sens. Aussi le platine ne manque pas dans les alluvions aurifères de la Sibérie. On le rencontre en grains dans les lavages de Vosdvijensk, sur les rives du Tchoumaï, affluent de la Kya[2]. Il est remarquable que l'*Alatau* devenu tout récemment si célèbre par la richesse des allu-

dans un azimuth N. 82° E. de Kousnetsk, n'a que 1058 toises d'élévation et paraît appartenir à l'Alatau.

[1] *Alatau*, *Alataou* sont des corruptions d'*Ala-tagh*.

[2] Comparez *Annuaire*, Introd. p. 153. *Annuaire pour* 1837, p. 85, 93, 98 et 233; *Ann. pour* 1838, p. 33 et 264.

vions aurifères qui l'entourent, ait été déjà sous le grand règne de Pierre-le-Grand (à l'exception de Nertchinsk) le site des plus anciennes exploitations de la Sibérie. Sous la direction d'un Grec que les documents conservés dans les archives de Tomsk nomment Leviandany, on procédait dans ces lieux (sur les rives du Kochtane, affluent du Toussoul) à la fusion de quelques pauvres minerais d'argent. Aussi dans le district beaucoup plus oriental de Nertchinsk, c'était des Grecs qui établirent en 1700 une usine sur la rive gauche de l'Altacha (affluent du système de l'Argoun) pour fondre les minerais de plomb argentifère découverts dès l'année 1691 par deux frères d'une tribu toungouse.

L'or des alluvions sibériennes entre les affluents orientaux de l'Obi, du Haut-Ieniseï, du Kan et de la Biroussa est-il dû, comme dans la chaîne de l'Oural, aux roches dioritiques, quarzo-talqueuses et syénitiques des *soulèvements* qui avoisinent de plus près ces alluvions, ou cet or est-il venu de la pente septentrionale de l'Altaï et des Montagnes Sayanes, au sud et à l'est du Lac Telezk? Le métal a-t-il été déposé de préférence par les

latitudes de 54° et 56°, parce que des courants du sud au nord y ont perdu une grande partie de leur vitesse primitive? Pour préparer la solution d'une question si importante (d'une seule ou d'une double source de richesses), le corps des mines a sagement dirigé son attention sur la contrée entièrement inconnue des sources du Tchoulychman et du Bachkous. Une expédition géognostique a été organisée sous la direction de M. Pierre de Tchihatcheff, frère de l'intrépide voyageur américain et auteur d'un travail intéressant sur les roches de la Calabre. J'ai sous les yeux le rapport qui a été adressé de la rive gauche du Tchoulychman (15 juillet 1842) à M. le comte de Cancrine. D'après ce rapport que je dois encore à l'intérêt que depuis tant d'années prend ce ministre à mes recherches géographiques, « l'expédition de M. de Tchihatcheff s'est dirigée de Biisk en longeant la Katounia jusqu'au confluent de la Tchouya où se trouve le campement en *Yourtes* des deux Saizans (chefs) Chourmex et Mongols. Conduit par deux chasseurs, M. de Tchihatcheff longea la Tchouya à travers un pays marécageux et désert. Quoique les sources de cette rivière ne

soient éloignées de celles de Tchoulychman que de 40 verst, on met trois jours pour franchir cet espace et atteindre une vaste plaine couverte de petites lagunes. Le Tchoulychman sort d'un lac assez considérable et désigné par les indigènes sous le nom d'*Ulukol*[1] (Oulou-gol?). Outre ce bassin la rivière a deux autres sources, les torrents Bagayache et Arskantau. Le Tchoulychman, dès sa naissance, longe une *chaîne neigeuse* que les Chinois voisins appellent *Tendicheli*, sans doute les *Montagnes Sayanes* de nos cartes dont le nom est inconnu[2] dans ces contrées. » Dans

[1] La grande carte chinoise publiée par M. Klaproth, d'après les documents géographiques recueillis sous l'empereur Khian-loung, ne met aussi que 45 verst entre les sources de la Tchouya et de Tchoulychman. Elle figure un lac *Ouklouk-Noor* 1° $\frac{1}{4}$ trop à l'est, près d'un autre *Tchoui* (d'une autre *eau*) qui appartient au système hydraulique du Kemtsik (Kemtchik) et du Ienisei.

[2] C'est un nom *systématique* indiquant tout simplement « la continuation de la chaîne de l'Altaï visible de Sayansk, du côté de la Sibérie. » La dénomination *systématique* de *Cordillère des Andes* est aussi entièrement inconnue aux habitants des montagnes de Quito, montagnes qui n'en sont pas moins une continuation des Andes de Couzco.

le système des rivières de la Tchouya, du Bachkous et du Tchoulychman qui naît sur le territoire russe, M. de Tchihatcheff a reconnu comme roches dominantes les micachistes et le thonschiefer alternant avec des diorites qui paraissent tantôt stratifiées, tantôt éruptives en masses. « Ce caractère si simple en apparence est masqué souvent par l'apparition de syénites, de roches talqueuses et d'une belle serpentine. Le soulèvement du grand système dominant dans ces contrées paraît dû à la syénite. Dans le ravin de la Tererta (affluent oriental de la Tchouya), d'énormes masses calcaires ont été changées en *dolomie* par le contact avec la *serpentine*. Presque tous les torrents appartenant aux systèmes de la Katounia et de la Tchouya ont fourni dans leurs alluvions quelques traces d'or, mais ce qui a le plus frappé le voyageur, c'est la grande quantité de galène (*bleiglanz*) qu'il a trouvée disséminée en beaucoup d'endroits (plateau de Kokargo et vallée de Bachkous, depuis l'embouchure de la Iolda jusqu'à celle du Petit Oulegan), dans le schiste micacé et surtout dans les *roches dioritiques*. On n'observe pas dans ces gisements de filon proprement dit ; le plomb sulfuré

y est distribué en grains ou nœuds plus ou moins grands et ces nœuds deviennent parfois si nombreux et si rapprochés, que toute la roche en paraît comme imprégnée. Si cette galène est argentifère, ce que l'on ignore encore, la vallée de Bachkous offrira une exploitation d'autant plus facile et avantageuse que tout le travail du mineur peut y être fait *à ciel ouvert.* » D'après une lettre intéressante que M. de Tchihatcheff vient de m'adresser de Krasnoïarsk, en date du 12 août, il a heureusement terminé son expédition en revenant en Sibérie par le bassin de Ieniseï à la vue des grandes chaînes du *Kinchan-Ola* et du *Chabina-Davahn.*

APERÇU

DE LA

QUANTITE D'OR ET DE PLATINE

TIRÉE DEPUIS 1814 JUSQU'EN 1842

DES ALLUVIONS DE L'OURAL ET DE LA SIBÉRIE.

Pour se former une idée précise de la richesse de l'or et des progrès successifs de l'exploitation des alluvions aurifères tant dans la chaîne de l'Oural que dans les vastes terrains de la Sibérie situés vers l'est de cette chaîne de montagnes, je consignerai ici les résultats suivants fondés sur des documents officiels.

M. de Helmersen a eu le mérite de s'occuper plus particulièrement de l'histoire des exploitations métalliques de l'Oural. Il a été dans le cas de pouvoir appuyer ses assertions de preuves positives : « Il rappelle[1] que dès

[1] *Notice historique sur les travaux des mines de Russie*, dans l'*Annuaire pour* 1835, p. 279-298.

l'année 1491 le czar Ivan Wassiliévitch avait envoyé deux mineurs allemands sur les bords de la Petchora[1] pour y chercher des minerais *d'argent*. Ils en découvrirent en effet sur un affluent de la Petchora appelé la Tsbiona, mais on ne donna pas de suite à cette exploitation. Une autre expédition de mineurs allemands, partie de Moscou en 1671, sous la direction de Mikhaël Séline, fut également infructueuse, mais c'était encore des minerais d'*argent*[2] que

[1] La contrée entre les affluents de la Petchora et les petites rivières de Sosva et Toui, affluents de l'Obi, était visitée dès le 12e siècle par les entreprenants et industrieux citoyens de Novgorod. Voyez plus haut, t. I, p. 455-458.

[2] Comparez t. I, p. 493-495, où j'ai cité le témoignage de Marco Polo et d'Ibn Batuta sur *le argenterie* de la Russie « voisine du pays des ténèbres. » Une *pépite d'argent* a été trouvée récemment dans la mine de Pavlofsk, près du Nijneï-Taguilsk. Voyez un Mémoire de M. Koltovskoy dans l'*Ann. de* 1838, p. 278. « Dès le règne du Tsar Alexei-Mikaïlovitch, dit M. de Helmersen, on avait établi une usine *d'argent* pour opérer la fusion du minerai exploité dans le pays (*ouralien*) des Bachkirs : ce minerai était essayé à Moscou. Les troubles politiques firent cesser les travaux, mais encore en 1734, lorsque le conseiller d'état Tatistcheff

l'on cherchait. Les objets précieux en *or* que le célèbre Nikita Demidoff, fondateur de la première usine de fer sur la Neiva (Nevianskoi-Zavod), offrit à Pierre-le-Grand à l'occasion de la naissance du Grand-Duc Pierre, avaient été trouvés non dans des alluvions mais dans des monuments tumulaires des *Tschoudes* [1]. Enfin après que de grandes exploitations et usines de fer et de cuivre avaient déjà été établies dans l'Oural septentrional et méridional, on découvrit, dans le courant de la mémorable année 1745, de l'*or* dans des filons de quarz près du ruisseau de la Pichma. Cette découverte devint importante, parce que des essais peu heureux sans doute sur l'Isset, le Taguil,

fut installé à Ekatherinenbourg comme directeur-général des mines, le Gouvernement lui prescrit de s'occuper activement de la recherche des *gisements argentifères dans le pays des Bachkirs*. De toutes les mines d'argent de l'Oural, celle de Sanarsk, située près du fort de ce nom et découverte en 1761, est celle qui, pendant quelque temps, avait donné le plus d'espérances.»

[1] Comparez ce qui a été rapporté plus haut sur le titre des bracelets d'or découverts près du Lac Irtiache, non loin des lavages d'or actuels de Simonovskoi, t. I, p. 496.

la Pichma et la Neiva conduisirent à des travaux qui sont devenus permanents dans les mines d'or de Beresovsk. Ce sont ces mêmes travaux sur des filons qui ont donné lieu, mais bien tardivement, comme nous le verrons bientôt, à la découverte des alluvions aurifères de l'Oural. »

« En 1771, un incendie avait détruit accidentellement trois manéges à chevaux servant à vider l'eau de la mine d'or de Kloutchefsk. L'administration de Beresovsk proposa de conduire une galerie d'écoulement du ruisseau de Beresovsk au gisement aurifère de Kloutchefsk. Ce projet ne fut mis à exécution qu'en 1774. On trouva alors, en perçant la galerie d'écoulement, deux sources qui déposaient sur le sol de la galerie une *argile sablonneuse aurifère* accompagnée de débris quarzeux. Il paraît que la galerie n'avait pas uniquement traversé des roches décomposées en place, mais aussi des gîtes d'alluvions superposées à ces roches. (Il est certain que dès l'année 1775 on a obtenu de l'or de ces mêmes strates d'alluvions qui 40 années plus tard, sur toute la pente orientale de l'Oural, sont devenues une des plus grandes sources de ri-

chesses que l'on connaisse dans les annales des travaux des mines de l'ancien continent.) Malgré l'importance de la découverte à laquelle l'incendie de quelques manéges à chevaux avait donné lieu, l'attention ne fut reportée sur les 34 *tables* de lavages établies en 1775 près la galerie de Kloutchefsk qu'en 1804, lorsque M. Ilmann, après avoir acquis des renseignements précis sur les anciens lavages, commença à Volkofsk et à Kloutchefsk des travaux qui embrassaient une masse de 33,000 poud de sables immédiatement extraits du terrain d'alluvion de ces contrées. En 1807, M. Hermann, chef des mines à Ekatherinenbourg, abandonna ces lavages à cause de la pauvreté de la *teneur* aurifère des sables, mais la découverte de deux pépites d'or pesant ensemble 3 livres et telles qu'on n'en avait pas encore vues en Russie, excita de nouveau, en 1810, l'ardeur des investigations. On fit examiner derechef les sables de Kloutchefsk par M. Brousnitzin [1] : cependant dans

[1] C'est vers cette époque aussi, en 1813, que la découverte d'une grosse pépite d'or faite par une jeune fille de Neviansk, *Catherine Bogdanow*, servit de sti-

l'année 1816, tout l'Oural ne donnait encore que 5 poud 35 livres d'or tiré des sables aurifères. De 1810 à 1823, le produit était de 40 poud. »

Le *Gornoi Journal* de 1838 indique les produits des 4 années qui suivent et pendant lesquelles la masse de l'*or de lavage* avait presque triplé.

1823. . . .	89	poud	17	livres.
1824. . . .	165	—	4	—
1825. . . .	232	—	34	—
1826. . . .	235	—	23	—

De l'année 1827 à 1838, le produit total de l'or livré à la monnaie de St.-Pétersbourg des usines de la Couronne comme de celles des particuliers dans l'Oural et en Sibérie, a été de 4438 poud ou 72694 kilogrammes. La *teneur* moyenne de cet or sortant des lavages est comptée de 88 pour cent d'or pur et de 9 pour cent d'argent. Le produit des 12 années que nous venons de nommer est spécifié dans le Tableau I. Le Tableau II remonte à 1823 et offre les 16 années du commencement de 1823 à la fin de 1838. Le Tableau III ren-

mulant à des investigations plus soignées. Voyez plus haut, t. I, p. 496.

LINNE ET DE CELLES DES PARTICULIERS,

nnée 1838.

k = 0kil.,0042.)

	1835.	1836.	1837.	1838.	TOTAL.
	pond liv. zol.	pond liv. zol.	pond liv. zol.	pond liv. zol.	pond. liv. zol.
ROPRI COUR					
RAL.					
therin	30 28 82	31 6 8	30 1 49	29 35 14	377 3 94½
oust.	59 34	52 39 56	59 29 38	53 17 16	684 28 94
alovsl	38 13 78	39 19 53	32 24 91	36 10 14	420 38 3½
oblago	2 28 43	5 2 63	8 24 27	12 12 36	61 22 75½
	131 25 11	128 27 84	131 13	131 34 80	1544 13 75½
RIE.					
olywan	20 24 20	20 2 95¼	25 16 15¾	30	126 10 43¾
ensk.	12 4	21 82	26	1 7 62	3 10 54
tchinsk					
ROPRI RTICUL					
URAL.	160 28 44	164 9 4	178 21 25	167 33 8	2224 17 72¼
RIE.	72 16 50¼	84 13 40¾	106 30 13	165 8 37	540 6 73¼
	385 26 33¼	397 35 18	442 13 66¾	496 3 91	4438 19 30¾

Tot

TABLEAU II.

QUANTITÉS D'OR, DE PLATINE ET D'ARGENT

eillies pendant 16 ans, du commencement de l'année 1823 à la fin de l'année 1838, des alluvions et mines le l'Empire de Russie.

I. *Or pur retiré des mines.*

oduit des mines de l'Oural appartenant à la Couronne; or nu par le lavage des sables aurifères.

i le district d'Ekatherinenbourg...	444 pds	33 liv.	54 zol.
— de Slatoust.....	711 —	39 —	57
— de Bogoslovsk.....	378 —	27 —	1
— Goroblagodatsk.....	56 —	34 —	4
Total.....	1592 —	14 —	22

Mines de l'Altaï appartenant à la Couronne.

à Nijneï-Taguilsk.....	1216 —	29 —	91
— dans plusieurs autres endroits en petites quantités.....	13 —	13 —	65
Total.....	1259 —	4 —	48

. *Argent (poids effectif après que l'or en a été extrait).*

i mines de l'Altaï.....	14704 —	7 —	37
— de Nertchinsk.....	3301 —	30 —	20
Total.....	18005 —	37 —	58

ferme les années 1839, 1840 et 1841. Dans cette dernière année, les alluvions aurifères de l'Oural ont donné 302 poud, celles de la Sibérie à l'est de l'Oural 355 poud d'or. On se flatte de l'espoir que les alluvions de la Sibérie pourront bientôt atteindre seules un produit de 500 poud. Tout l'or exploité, pendant les quinze années, de 1827 à 1841, offre une masse de 6242 poud et 17 livres, ou 102250$^{kil.}$,95 ayant à peu près, en tenant compte de l'argent mêlé à l'or des *alluvions*, une valeur de 311,950,000 francs. Je ne me suis servi que des documents que M. le comte de Cancrine a bien voulu me communiquer directement. M. Rose, dans le dernier volume de son ouvrage (*Reise nach dem Ural*, t. II, p. 431) a déjà indiqué les *variantes leçons* qui se trouvent dans quelques tableaux du *Gornoi Journal*. Comparez aussi *Annuaire des Mines de Russie*, Introd. tableaux 6, 7 et 11. Je rappelle que d'après les renseignements recueillis récemment au Brésil par M. Claussen (*Bulletin de l'Acad. Royale de Bruxelles*, t. VIII, Part. I, p. 329), ce pays jadis si riche en or ne fournit plus que dix à douze mille marcs par an, à peu près 160 poud d'or.

de ces idées, nous examinâmes dans chaque lavage que nous visitions les parcelles de sables sous le microscope. Nous fîmes soigneusement arrêter la concentration par le lavage au point où seulement les parties les plus légères avaient été emportées. Dans le mode de concentration employé généralement, toutes les substances non métalliques sont entraînés avec le quarz, de sorte qu'il ne reste dans le *schlich* que l'or, le platine, l'osmium-iridium, le fer chromité et le sable magnétique. L'examen du *schlich* au moyen du microscope fut continué pendant longtemps : il nous fit découvrir plusieurs minéraux que présentent également les sables aurifères du Brésil et qui vivifiaient notre espoir, tels que des *zircons blancs* à bel éclat de diamant, et de l'*anatase*. Les diamants même ne se présentaient pas à nos recherches. La découverte de cette substance fut faite par M. Schmidt (de l'école des mines de Freiberg)

Russische Miscellen, t. IV, p. 256-263, Mamyscheff, dans le *Journal für Bergwerkskunde herausg. von dem Petersburger wissenschaftlicher Komität*, 1826, n° 11. et Brewster, *Journal of Sciences*, 1830, n° 4, p. 261.

et par le comte de Polier, le 5 juillet 1829, quatre jours après qu'ils nous eurent quitté à Kouchvinsk. Nous n'eûmes connaissance de cet événement que le 3 septembre à Miask en revenant de l'Altaï et du Haut-Irtyche. Le comte de Polier, qui se trouvait alors à la grande foire asiatique de Nijneï-Novgorod, envoya à M. de Humboldt un des diamants trouvés à Adolfskoi en l'engageant, par M. Schmidt qui était le porteur de la boîte, à ne pas divulguer l'heureuse découverte avant notre retour à St.-Pétersbourg, parce que les diamants n'avaient point encore été présentés à l'Empereur. » Il est douloureux de penser que le voyage pénible que le comte de Polier fit à travers la crête de l'Oural (par le Katchkanar) ait accéléré la mort de cet excellent homme, aussi distingué par ses talents et ses connaissances dans les arts que par la noblesse et l'aménité de son caractère. Le comte de Polier succomba pendant l'hiver de 1830 à un mal de poitrine dont il portait le germe depuis longtemps et que les fatigues de notre expédition ont malheureusement développé. La première notice sur la découverte des diamants de l'Oural parut

dans la *Gazette de St.-Pétersbourg* du $\frac{9}{21}$ novembre 1829, n° 135. Une lettre du comte de Polier à M. Arago destinée à paraître dans les *Annales de Chimie*, n'a point été terminée à cause des souffrances du malade, mais un Rapport très-circonstancié adressé à M. le comte de Cancrine, ministre des finances et chef du département des mines, a été publié pour la première fois dans l'ouvrage de M. Rose (t. I, p. 356). »

« D'après ce rapport, un enfant de 14 ans, Paul Popoff, natif du village de Kalinskoje, a trouvé le premier diamant et l'a montré comme une pierre curieuse au chef de l'exploitation qui n'en fit aucun cas [1] et le prit

[1] M. d'Engelhardt, qui a été sur les lieux en 1830, confirme ces circonstances qui, longtemps avant la découverte des diamants dans trois autres endroits de l'Oural, près d'Ekatherinenbourg, à Kouchvinsk, et près de Verkhne-Ouralsk, auraient dû dissiper les doutes que la malveillance et un prétendu scepticisme philosophique ont répandus sur la réalité de la découverte. « L'enfant Paul Popoff, raconte M. Engelhardt, dit, en trouvant le diamant, voilà une pierre qui a bien autrement de l'éclat que le reste du sable : mais le chef du lavage jeta avec dédain le diamant dans une boîte qui renfermait quelques cristaux parmi lesquels,

pour un *Tjeschelovess* (topase), en le plaçant parmi un grand nombre de minéraux recueillis accidentellement. Trois jours plus tard un autre enfant trouva le second diamant. Leur gisement est la couche de sable aurifère qui a offert de grandes richesses à Adolfskoi, près des rives de la Poloudennaya [1], et un peu plus au nord à Krestovosdvichenskoi, sur la pente européenne de l'Oural dans le district de Bissersk, 200 verst à l'est de Perm et 70 verst au N. O. de Kouchvinsk. M. Schmidt reconnut que la couche aurifère renfermant des diamants est une *dolomie presque noire*, dépourvue de pétrifications. M. de Polier ajoute « que la roche est remplie de crevasses et renferme dans ses cavités des cristaux de chaux carbonatée noire. L'analogie de la roche décomposée avec le carbone en poudre est si grande qu'on serait tenté de considérer les diamants comme formés sur place. » MM. Rose et Göbel ont soumis la dolomie noire à l'analyse chimique

sans le coup d'œil exercé de M. Schmidt, il serait resté caché. »

[1] La Poloudennaya débouche dans le Koiwa, qui est un affluent de la Tschoussovaya.

et y ont constaté facilement la présence du carbone. Les diamants mêmes trouvés à Adolfskoi ont des fissures et des taches noires que M. Parrot fils (*Mém. de l'Acad. de S.-Pétersbourg*, série VI, t. III, p. 23) attribuait également au carbone. Vingt-huit diamants ne pesaient que 17 $\frac{19}{16}$ karats, le plus grand n'excédant pas[1] le poids de 2 $\frac{17}{32}$ karats; il n'y en avait pas au-dessous de $\frac{1}{8}$ de karat. »

« M. de Humboldt était si fermement persuadé de la présence du diamant parmi les minéraux de l'Oural, qu'au moment de son départ pour la Sibérie, il osa dire à l'Impératrice qu'il ne reparaîtrait pas devant Elle sans lui offrir des diamants trouvés dans son Empire. Pour constater davantage la vérité de la découverte, un officier des mines, M. Karpoff, fut envoyé en 1830 à Bissersk, et le rapport circonstancié qu'il publia (*Gornoi-Journal*, 1831, Quartal 2, p. 44; *Poggendorf*, B. XX, p. 524; *Bulletin de la Soc. géologique de France*, t. IV, p. 101) joint aux observations que M. d'Engelhardt

[1] Mais le diamant trouvé sur la pente asiatique de l'Oural, près de Kouchvinsk, en 1838, a pesé 7 $\frac{1}{16}$ karats. *Annuaire des mines de Russie pour* 1838, p. 401.

consigna dans le *Russische Miscellen*, t. IV, p. 254, ont le plus contribué à rassurer le public de St.-Pétersbourg sur l'existence des diamants russes. Pendant le séjour de M. Karpoff, quatre diamants furent trouvés dans l'espace de peu de jours. »

Je terminerai cette notice en traduisant le passage suivant du *Voyage de M. de Helmersen* publié à St.-Pétersbourg en 1841, t. I, p. 93-97.

« A l'ouest de Kuschwa, sur la pente européenne de l'Oural, se trouve le district de Bissersk qui jouit d'une grande célébrité par la découverte des diamants faite en juin 1829 dans les lavages de Krestovosdvichenskoi (*exaltation de la croix*), appartenant à madame la princesse Butera, née princesse Schakovskoi, mariée en secondes noces au comte de Polier. Depuis cette époque jusqu'à l'année 1834, *quarante-un* diamants ont été trouvés successivement dans le ravin d'Adolfskoi. Comme on n'a pas continué de découvrir des diamants dans cette localité, il s'est répandu parmi plusieurs habitants de l'Oural des doutes sur l'existence de diamants russes; on s'est cru en droit même de supposer

que le maître mineur (*steiger*) qui en 1829 dirigeait les lavages, avait jeté clandestinement des diamants du Brésil dans les sables aurifères d'Adolfskoi. J'ai cru devoir faire mention de ces doutes, ajoute M. de Helmersen, parce que pendant mon séjour dans ces montagnes ils ont souvent été énoncés en ma présence; mais des découvertes récentes ont prouvé que ces inculpations et ces soupçons sont dus à la malveillance et n'ont aucun fondement (*der Ungrund hat sich in neuerer Zeit erwiesen*). Il est connu qu'en 1831, dans le voisinage d'Ekatherinenbourg, aux lavages d'or de M. *Major*, deux diamants; en 1838, près de Kouchva, quatre, et en 1839 au district de Verkhne-Ouralsk dans l'alluvion aurifère d'Ouspenskaya, appartenant au lieutenant-général Gemthchoujnikoff, un diamant, ont été trouvés. L'Oural offre donc, quoique jusqu'ici en petite quantité, des diamants *sur quatre points* éloignés les uns des autres de 600 verst. On ne peut douter qu'un jour on parviendra à découvrir le véritable et principal gisement de cette substance précieuse, le *nid* qui les fournira en abondance. Surpris de ce que tous les tra-

vaux avaient cessé dans le ravin d'Adolfskoi sur les bords de la petite rivière Polouden-naya, affluent de la Koiva, je fus informé par M. Graube (de Freiberg), directeur actuel de ces exploitations, que la couche de sables aurifères était épuisée et que les diamants qu'on avait trouvés jusqu'ici étaient trop petits pour compenser les frais de la recherche. M. Graube ne doutait aucunement de la réalité de la découverte des diamants de l'Oural. Il en doutait d'autant moins que pendant son séjour même dans ces lieux, en 1833, un diamant avait été tiré des sables du ravin d'Adolfskoi. M. Schmidt (un des compagnons de l'Expédition de M. de Humboldt) est mort depuis longtemps, et le jeune Popoff qui a recueilli le premier diamant en 1829, ne travaille plus dans cette partie des montagnes de l'Oural.»

Voilà donc, au plus grand déplaisir de ceux qui aimaient à voir dans la découverte des *diamants de l'Empire de Russie*, les effets de la fraude ou d'une risible mystification, les graves témoignages de cinq hommes de l'art qui ont visité après 1829 les lieux de la découverte; ce sont les témoignages de MM. Par-

rot, Engelhardt, Karpoff, Graube et Helmersen. Hors des tropiques, par les 54° et 58° de latitude, comme dans la zone équinoxiale, les diamants ne se montrent aussi qu'à l'état cristallisé, et l'on n'a pas besoin de soupçonner « que des diamants brésiliens taillés, achetés chez les joaillers de Moscou, aient été jetés dans les alluvions aurifères de l'Oural pour les retrouver par le *lavage* sous le nom de diamants indigènes. » Les quatre points où les diamants ont été recueillis jusqu'à ce jour sont :

Adolfskoi, 1829
Ekatherinenbourg, 1831
Kouchvinsk, 1838
Verkhney-Ouralsk, 1839 [1].

[1] Je vais consigner ici deux annonces officielles de la découverte de diamants faite en 1838 et 1839. On trouve dans l'*Annuaire des mines de Russie*, 1° « Mémoire sur la découverte d'un diamant *dans l'arrondissement minier de Goroblagodat*. C'est vers la fin de 1838, est-il dit dans ces annonces, que les lavages ont produit pour la première fois un diamant dans les terres qui appartiennent à la Couronne. Il a été trouvé sur le ruisseau Kouschaïka, à 25 verst de l'usine de Kouchwinsk, arrondissement de Goroblagodat, à 40 verst de distance

Si la fiction de la découverte du premier diamant russe pouvait tenter la vanité de quelque directeur ou propriétaire d'un lavage d'or, on se demande dans quel but cette fraude aurait été répétée 45 fois dans quatre endroits très-éloignés les uns des autres.

Depuis qu'au Brésil on a découvert et exploité en 1839 des diamants *en place*, dans le grès psammite du Serro de Santo Grammagoa, un nouveau jour a été répandu sur le gisement de cette substance curieuse. M. d'Eschwege avait supposé que les *cascalhos diamantiferes* du Serro do Frio étaient

de la ligne de faîte de la chaîne de l'Oural vers l'est. Il pèse 7 $\frac{7}{16}$ karats, est entièrement diaphane et offre 24 facettes triangulaires un peu convexes. » (*Annuaire pour* 1838, p. 373.) 2° « *Mémoire sur la découverte d'un diamant dans le Gouvernement d'Orenbourg.* » On y lit ce qui suit : « le capitaine Redikortzoff, directeur des mines d'Iltaban, a annoncé qu'un diamant cristallisé un peu jaunâtre, d'une forme presque oblongue, a été trouvé dans les alluvions d'Ouspensk en juin 1839, entre des fragments de calcaire gris renfermant des coquilles. Le diamant, qui ne pèse que $\frac{1}{8}$ de karat, a été envoyé à Orenbourg. Il vient des propriétés du général Gemthchoujnikof. » (*Ann. pour* 1839, p. 401.)

des fragments de l'*itacolumite* [1], mais M. Claussen, dans ses Notes géologiques sur la province de Minas Geraes (*Bulletin de l'Acad. de Bruxelles*, 1841, t. VIII, P. I, p. 330), regarde le terrain diamantifère des provinces de Minas et de Saint-Paul, entre les 16° et 26° de latitude [2] australe, « comme dû à des grès psammitiques dont les couches inférieures ont été converties en micaschiste par l'action de forces plutoniques et par le contact des filons de *diorite*.» Quand au Brésil les diamants disparaissent au sud de 26°, on commence à trouver les schistes bitumineux qui contiennent la houille de la province de Sainte-

[1] Voyez sur cette formation mon *Essai sur le Gisement des Roches*, p. 92.

[2] Dans l'Inde continentale, les diamants se trouvent depuis 14° jusqu'à 25° de latitude boréale distribués en cinq groupes: ceux de *Cuddapah*, sur les rives du Pennar; de *Naudial*, près Bagapally, entre Pennar et Kistna; d'*Ellora* ou *Golconda*, où le fameux diamant du Grand Mogol, du poids de 296 karats, vu par Tavernier, et celui de 627 karats acquis en 1526 dans le sac de la ville d'Agra par par le sultan Babur, ont été trouvés; de *Sumbhulpur* sur le Mahanadi en Gondvara et de Panna dans le Boundelkound. (Franklin, dans les *Asiat. Res.* 1833, t. XVIII, P. I, p. 100-122.)

Catherine. « La montagne de Grammagoa, dit M. Claussen, est composée de couches assez puissantes et peu inclinées de grès qui ont parfois l'aspect d'*itacolumite* reposant immédiatement sur un terrain de transition. Les premières personnes qui découvrirent cette localité en tirèrent beaucoup de diamants, parce que la roche était assez molle; mais dans la profondeur elle devint plus dure et très-difficile à exploiter. Le grand nombre d'individus (plus de 2000) qui accoururent de toute part travaillaient sans direction et sans plan : ils firent ébouler une partie de la montagne dont on tire encore profit, en broyant les débris. Les diamants se trouvent empâtés dans le *grès itacolumite*, quelquefois entre des feuillets de mica, presque comme les grenats dans le micaschiste. Il existe au Musée de Rio-Janeiro un assez gros diamant arrondi et qui porte les empreintes de grains de sable d'une manière très-distincte. On assure avoir remarqué que les diamants du Brésil qu'on rencontre dans le *grès psammite* sont à angles et arêtes arrondis, et qu'au contraire ceux que l'on trouve dans le *grès itacolumite* sont des cristaux

plus parfaits. Si ce fait est général, il faut croire que la même cause qui a pu changer la roche de grès en *itacolumite*, a agi aussi sur les diamants. »

Je terminerai cet article par un fait nouvellement observé et qui offre l'*association* remarquable des *diamants*, de l'*or* et du *platine* dans un même *terrain*, association remarquable que nous avons déjà observée au Brésil et dans la longue chaîne de l'Oural. Voici la traduction d'une note que l'illustre géologue M. Léopold de Buch a bien voulu me communiquer :

« La présence du *platine* aux Iles Moluques est un phénomène peu connu jusqu'ici. Ce métal y est recueilli en quantité très-considérable, et la connaissance de ce phénomène est due à M. Louis Horner, médecin naturaliste, fils de l'astronome et navigateur distingué qui est décédé à Zurich. C'est par les intéressants *Mémoires de la Société scientifique de Batavia*[1] que nous apprenons qu'à Borneo,

[1] *Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Weterschappen*, t. XVII (1839), p. 284.

la chaîne des Monts *Ratoos* dont la plus haute cime s'élève à 533 toises au-dessus du niveau de la mer, est composée de serpentine, de diorite et de gabbro. Cette crête se prolonge en chaîne *méridienne* à l'est du grand fleuve *Baniermassing*, depuis l'extrémité méridionale de l'île appelée *Tanah-haut* jusqu'au nord de l'équateur. Les ravins des Monts *Ratoos* qui appartiennent au sud de l'île de *Borneo*, offrent une couche d'argile rouge de 10 à 20 pieds d'épaisseur, renfermant un grand nombre de fragments de quarz. Ces fragments forment une bande qui n'est pas également tranchée et varie de 1 à 4 pieds d'épaisseur. De l'*or* en paillettes mêlé à des grains de *fer magnétique*, de *platine*, d'*osmium* et d'*iridium*, remplissent les interstices. Le palladium ne s'y trouve pas. Ces strates reposent immédiatement sur une roche serpentineuse. Ils lui doivent leur origine, car la serpentine est traversée par de nombreux filons de quarz. Dans le district de *Poulo-Arij* où travaillent 150 Chinois, les lavages d'or rendent annuellement 750 taël d'or, valeur de 45,000 florins d'Hollande. »

Le gisement des *diamants de Borneo* a été

reconnu au nord du lieu que nous venons de décrire, mais toujours à la pente occidentale de la chaîne des *Monts Ratoos*. C'est encore une couche d'argile rouge de 30 à 40 pieds d'épaisseur qui recouvre des fragments de diorite et de syénite. Les fragments forment une zone à part, épaisse de 6 pieds : ils sont mêlés de marne endurcie renfermant des cardium d'une espèce encore vivante dans ces mers. Toute cette bande fragmentaire est la couche qui offre les diamants. Ceux-ci sont mêlés à du sable magnétique, à du *platine* et à de l'*or* en paillettes comme aussi à des *grains de fer natif*. L'indice le plus sûr de l'abondance des diamants paraît être uu quarz noir rempli de pyrites et de *feuillets de platine*, formation que les indigènes désignent par les noms de *Batou-Timahan* ou de *Batou-Paral-Iatan*. (Ces fragments de quarz sont, à n'en pas douter, des débris de *gangue*, des parties d'anciens filons traversant la serpentine.) Quatre mille indigènes sont employés dans les lavages des districts de *Gounong*, *Lawak*, *Tapang* et *Oudjong-Mourong*. On y exploite à la fois des *diamants*, de l'*or* et du *platine*. Ce dernier métal forme la dixième partie de l'or

recueilli; mais jusqu'à ce jour, quoique dès 1831, M. Hartmann, résident à Banjermassing, ait fait connaître l'existence du platine, ce métal est rejeté comme s'il n'était d'aucun prix. Les exploitations d'or au profit des sultans indigènes dont les possessions se trouvent au nord de l'équateur, sont quatre fois plus importantes encore que celle de *Poulo-Arij* et l'on peut admettre qu'annuellement plus de 500 taël de *platine* sont perdus par l'ignorante insouciance des mineurs. » (Comparez aussi *Asiat. Res.* vol. XV, p. 120; Victor Jacquemont, *Voyage dans l'Inde*, t. III, p. 399, et l'important travail de M. Ritter, *Vues générales sur les diamants d'Asie* dans son grand ouvrage de *Géographie comparée*, t. IV, p. 343-368.)

ÉCLAIRCISSEMENTS

HYPSOMÉTRIQUES.

Hauteurs et âge du soulèvement de l'Oural. — Plateaux de la Russie européenne. — Profondeurs de l'Océan. — Dépression de la Mer Morte.

Les éléments numériques de *hauteur* et de *température moyenne* étant les bases les plus importantes de l'*Orographie* et de la *Climatologie comparées*, j'ai désiré réunir dans cet ouvrage toutes les données qui tendent à perfectionner progressivement nos connaissances sur la configuration hypsométrique du sol et sur la distribution de la chaleur à la surface du globe.

Chaine de l'Oural. — Depuis l'impression des deux premiers volumes de mon ouvrage, j'ai appris à connaître la *Description physique et géognostique de la Chaîne de l'Oural* publiée en langue russe par M. Schurowsky, professeur de minéralogie à l'Université de Moscou. L'auteur a visité l'Oural par ordre du gouvernement en 1838. Comme par erreur on avait prétendu (*Bulletin de l'Académie de S.-Pétersbourg*, t. II, p. 100)

que le savant astronome M. Fedorow avait trouvé, par une opération trigonométrique, la cime du Kondjakofskoi-Kamen de 1300 toises de hauteur absolue, tandis que, d'après une note autographe de ce voyageur, qui est entre mes mains, cette cime n'a que 764 toises au-dessus de la rivière Tourija près Tourjinsk (voyez plus haut, t. I, p. 445), il me paraît important de consigner ici les résultats des mesures trigonométriques de M. Fedorow, tels que les contient l'ouvrage de M. Schurowsky, p. 5. « A l'ouest et au nord-ouest de Bogoslovsk, au-dessus du niveau de la rivière Tourija: on voit *Denichkin-Kamen* 3284 pieds anglais ou 513 toises, *Kosvinskoi-Kamen* [1] 1748 pieds anglais ou 273 toises, *Kondjakofskoi-Kamen* 4875 pieds anglais ou 762 toises (la lettre de M. Fedorow indiquait presque identiquement 764 toises), *Pavdinskoi-Kamen*

[1] Il est bien remarquable que les noms « de *Coosvinscoy-Camen* et *Podvinscoy-Camen* » aient été connus de Varenius qui les cite comme des noms de hautes montagnes dans sa *Geographia generalis*, lib. I, cap. 10, pr. 1, 12, ouvrage composé en 1650 et réimprimé par les soins de Newton. C'est probablement le commerce des Hollandais avec le nord de la Russie par Arkhangel et la célébrité des portages de la *Petchora* (*Petsora* de Ramusio) qui a fait connaître au géographe Varenius des cimes qui de son temps étaient loin de toute population (*Asie centr.* t. I, p. 456). Varenius avait aussi une vague notion de ce prétendu volcan sibérien décrit par Strahlenberg (*Asie centr.* t. II, p. 104). « Montes quidam jacentes, dit-il dans la *Geogr. generalis* (lib. I, cap. 10, pr. 5, 17, éd. de 1681, p. 74) ad orientalem ripam fluvii Ienisea in Tingæsorum regione ultra Obium, versus ortum, itinere aliquot hebdomadum *Vulcani* sunt, Moscis (*Moscovitis*, p. 69) referentibus. »

qui n'a, d'après des mesures barométriques, que 2700 et 3690 pieds anglais ou 422 et 577 toises. » Ces deux évaluations sont-elles applicables à deux sommets de la même montagne? M. de Helmersen s'est arrêté pour Pavdinskoi-Kamen à 452 ou 500 toises[1]. Il assigne dans son *Voyage à l'Oural*, publié en allemand en 1841 (t. I, p. 77) au *Kondjakofskoi-Kamen* la hauteur absolue de 880 toises, en ajoutant à la mesure de 764 toises de M. Fedorow les 116 toises que M. Kupffer donne à la hauteur de Bogoslovsk au-dessus du niveau de la mer. Des observations barométriques correspondantes de Bogoslovsk et d'Ekatherinenbourg m'ont fait réduire ces 116 toises à 80 toises, d'où résulterait pour le Kondjakofskoi-Kamen 844 toises. Du sud au nord nous trouvons donc, selon l'état actuel de nos connaissances hypsométriques sur l'Oural, au-dessus du niveau de l'Océan :

Iremel (lat. 54° 22′)..... Selon Helmersen, mais en supposant de 39 t. la hauteur de la ville d'Orenbourg.	793 t.	(11545 m.)
Grand Taganai (lat. 55° 14′)..... Selon Kupffer, mais en comptant 184 t. pour la hauteur de Slatoust[2].	563 t.	(1097 m.)
Kondjakovskoi-Kamen (lat. 59° 40′)...	844 t.	(1635 m.)

[1] Une mesure barométrique faite en 1833 a donné à M. de Helmersen la cime du *Pavdinskoi-Kamen* élevée de 428 t. au-dessus de la mine de Tourjinsk. Il suppose la hauteur absolue de la montagne (*Reise nach dem Ural*, 1841, t. I, p. 82) de 500 t.

[2] Le dernier ouvrage de M. de Helmersen (*Reise nach dem*

Selon Fedorow, en évaluant à 80 t.
la hauteur absolue de Tourjinsk.
Montagnes à l'occident d'Obdorsk..... 780 t. (1520 m.)
Selon Adolphe Erman, par lat. 67° 12′.

Il résulterait de ce tableau que le point culminant du système de l'Oural serait le Kondjakovskoi-Kamen, et que la ligne de faîte est à peu près à la même élévation vers les extrémités de la chaîne, dans le sud par 54°½, au nord par 67° ⅔ de latitude. Le nœud dioritique de *l'Airouk-tagh* (lat. 48°45′), est regardé comme le véritable commencement austral de l'Oural. (Comparez plus haut, t. I, p. 428-447 et 460.)

Pays entre l'Oural méridional et l'Altaï. — Je crois avoir prouvé (t. II, p. 120-137) qu'il n'existe point de chaîne *Algydin-Chamo* ou *Alginskoi-Sirt*, mais que

Ural und der Kirgisenstepp. 1841, p. 131) donne au-dessus, du niveau de l'Océan : *Iremel* 790 t., *Grand Taganai* 583 t., *Jurma* 790 t., *Miask* 158 t., *Slatoust* 204 t., *Ekatherinenbourg* 133 t. Comme Slatoust est probablement un peu au-dessous de 184 t. et que le Grand Taganai a été rapporté au niveau de Slatoust, je m'arrête pour le Taganai à 563 t. J'ignore si la correction de — 20 t. doit aussi être appliquée au Jurma et à l'Iremel; mais si cette dernière cime a été comparée primitivement par MM. Hoffmann et Helmersen à Orenbourg, on obtiendrait 754+39=793 t. et non 770 t. pour l'Iremel. Une année d'observations correspondantes barométriques faites à Slatoust et à St-Pétersbourg, donne pour la première de ces positions 165 t. M. Kupffer trouve, en substituant la véritable hauteur de Kazan, 203 t. Il y a donc beaucoup de probabilité pour 184 t. Mes observations barométriques placent Miask 30 t. au-dessous de Slatoust. M. Kupffer a — 44 t. La moyenne pour Miask serait donc 140 t. Voyez plus haut, t. I, p. 436-445 et 452.

l'on reconnaît dans la Steppe des Kirghiz (*horde moyenne*), entre les 49° et 50° de latitude, un *système de failles*, des traces d'un effort de la nature pour faire surgir une arête à peu près dans la direction E.-O. M. de Helmersen (*Reise nach dem Ural*, 1841, t. I, p. 205 et 229) a très-récemment confirmé mes doutes sur l'existence d'une chaîne continue. « D'après des observations, dit-il, que j'ai recueillies dans le voyage que j'ai fait en 1835 dans la Steppe des Kirghiz à l'est du cours supérieur de l'Oural (rivière de Jaïk), je puis confirmer l'assertion de M. de Humboldt qu'il n'existe aucune chaîne de montagnes qui, dirigée de l'est à l'ouest, réunit l'Altaï et les Monts Oural, pas de chaîne Alginski ou Algydim-Zano, dont si longtemps on a surchargé nos cartes. On ne trouve, dans la partie que j'ai parcourue, que des soulèvements épars, comme les collines d'Ajat et de Togousk. Une suite de lacs indique plutôt la dépression du terrain, les restes d'une ancienne mer intérieure qui paraît avoir été liée à l'Aral. La carte de l'Asie centrale annexée aux *Fragments asiatiques* est aussi la première qui, près des sources de l'Orr dans la chaîne de l'Oural marque le véritable nom de *Kara-Edyr-Tau*, identique sans doute avec Adyr-Tau. »

J'ai touché dans plusieurs endroits de l'ouvrage qui précède (t. I, p. 425, 505 et 509; t. II, p. 59; t. III, p. 90) à la question de l'âge relatif des grandes intumescences asiatiques qui suivent, les unes la direction des méridiens, les autres celle des parallèles. J'ai émis l'hypothèse très-hasardée que les premières et surtout

la longue faille de l'Oural dans laquelle, sur le dos même du soulèvement, des ossements fossiles entièrement semblables aux ossements des vallées de la Kama et de l'Irtyche, se sont se trouvés mêlés aux alluvions aurifères, était en grande partie postérieure à la formation de la dépression Aralo-Caspienné [1]. Déjà M. Elie de Beaumont avait émis l'opinion que la Cordillère des Andes, autre chaîne éminemment métallifère et toute *méridienne* de l'Amérique du sud, devait son origine à la *dernière* révolution qu'a subie notre planète. Ce que nous considérons comme une seule chaîne est le plus souvent, selon l'observation de ce même grand géologue, le produit de plusieurs soulèvements subséquents, le résultat du conflit et du croisement de plusieurs fissures qui se pénètrent. Le grand travail de MM. Murchison, Verneuil et Keyserling jettera une vive lumière sur un problème que je n'ai pu que timidement effleurer. Il démontrera l'*action* et la puissance de la formation carbonifère qui selon les observations de ces trois géologues, longe tout l'Oural occidental depuis la Tchussovaya et la Serebrianka jusqu'au sud de Ster-

[1] « With the exception of the gold mines near Bissersk, dit mon illustre ami M. Murchison, all the gold alluvia of the Ural occur in its eastern flank; and when it is stated that this circumstance is connected with the fact that all the great masses of igneous rocks have been evolved on the eastern flank, it will at once be seen (as insisted upon by Humboldt) that there is an intimate connexion between the eruption of plutonic rocks and the formation of the gold mines whence the local alluvia have been derived. » *On the geol. structure of the Ural*, 1842, p. 30 et 33. (Sur le *Carboniferous System* p. 25).

litamak et de la sinuosité de la Sakmara. Quant à la nouveauté des alluvions aurifères, je me borne à ajouter ici que, selon le témoignage de M. Engelmann, qui a fait une description intéressante du district de Miask, « l'époque de la formation de quelques couches aurifères est marquée par les restes de mammouth et des objets qui ont probablement appartenu aux anciens habitants de ces contrées, tels qu'un *couteau de cuivre et des pointes de flèches*. » (*Annuaire des mines de Russie pour* 1838, p. 226.)

M. Elie de Beaumont, auquel j'aime toujours à recourir lorsqu'il s'agit d'éclairer un des grands problèmes de la géologie éruptive, m'a permis de terminer cette notice sur l'Oural par les considérations suivantes qu'il a bien voulu me communiquer [1].

« Je crois que la chaîne de l'Oural, malgré sa rectilignité générale, présente, comme la plupart des chaînes de montagnes, le croisement de plusieurs directions, résultant de dislocations d'âges différents. Dans le tableau intitulé : *Essai d'une coordination des âges relatifs de certains dépôts de sédiment et de certains systèmes de montagnes* qui fait suite à mes *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe* [2], j'ai placé le *Taganaï*, avec le Liban, dans le *système des îles de Corse et de Sardaigne*. Ce premier essai de classification se rapportait à la partie des accidents stratigraphiques et orographiques de l'Oural qui, dans le voisinage du *Taganaï*,

[1] Novembre 1842.

[2] *Annales des sciences naturelles*. t. XIX (1830).

du *Jurma*, de l'*Iremel*, et dans les vallées supérieures des rivières Ai et Bielaya, courent vers le N. 35° E. parallèlement à une ligne tirée d'Ekatherinbourg vers le confluent des rivières Oural et Ilek. J'y étais conduit par le parallélisme de cette direction avec le méridien de la Corse. Depuis lors, M. le professeur Sedgwick a fait voir que le *système du nord de l'Angleterre*, bien plus ancien que celui des îles de Corse et de Sardaigne, lui est presque parallèle. Il résulte de là que la considération des directions permet de rapporter à ce système les accidents stratigraphiques et orographiques des montagnes voisines du *Taganaï*; or cette nouvelle classification se trouverait assez en harmonie avec les observations de MM. Murchison, Verneuil et Keyserling qui nous indiquent, dans cette partie de l'Oural, de nombreuses dislocations entre la période carbonifère et celle du système *permien*[1], de même que les dislocations du nord de l'Angleterre ont eu lieu entre la période carbonifère et celle du grès rouge.

« La direction que je viens de mentionner est fort différente de la direction générale de la crête de l'Oural, qui est à peu près N.-S. Je n'ose hasarder aucune conjecture sur l'époque à laquelle cette dernière a été produite. Je ne lui trouve pas de parallèle exact parmi les

[1] Le système que M. Murchison appelle *permien* comprend le Zechstein (*magnesian limestone*), et le *New Red-Sandstone and marl*. Voyez *Murchison, Verneuil et Keyserling on the structure of the central and southern regions of Russia in Europe* 1842, p. 14-19. (H—t.)

directions des systèmes européens. L'Oural, ainsi que MM. de Humboldt et Rose nous l'ont appris depuis longtemps, présente des traces d'un soulèvement extrêmement moderne. Or il paraîtrait que le plus moderne des systèmes de dislocation qui affectent le continent européen est celui que MM. Boblaye et Virlet ont désigné, en Morée, sous le nom de *Système du Tenare*, système dont on a signalé depuis des traces non équivoques en Italie[1]. La direction du *Système du Tenare*, transportée dans l'Oural, y court environ vers le N. N. E. parallèlement à une ligne tirée *de Perm à Ouralsk*. Cette direction est à peu près parallèle à celle de la ligne anticlinale des couches permiennes que MM. Murchison, Verneuil et Keyserling placent à *Sakmarsk*, au N. E. d'Orenbourg. Est-ce lors de la production de cette ligne anticlinale que les dépôts les plus modernes de l'Oural ont été soulevés ? C'est ce que je n'ose décider. »

Sud de l'Oural. — Dans la *Carte hypsométrique de l'Asie centrale* qui accompagne mon ouvrage, j'ai cru, à partir des Monts Airouk jusqu'à Orsk, devoir suivre les dénominations que j'ai puisées dans les cartes manuscrites tracées lors des expéditions du général Berg (t. I, p. 429), expéditions tentées en 1823 et 1825, pour examiner le terrain de l'Oust-Ourt qui sépare Orenbourg de Khiva. Sur la justesse des dénominations d'*Adyr-Tau* (*Aderly-Tau*) et *Djabik-Karagan*,

[1] Voyez dans les Comptes-rendus, t. XIV, p. 478, un Mémoire de M. de Collegno.

couvert d'une forêt de pins, *Pinus sylvestris*, ayant une longueur de 20 verst, comparez Helmersen, p. 205 et 227, avec les assertions que j'ai émises t. I, p. 432-435.

Moscou, Waldaï. — Je puis ajouter aux résultats rapportés à la page 59 de ce volume, de nouvelles déterminations hypsométriques dues à un excellent géologue et zoologiste, M. le comte de Keyserling. Elles m'ont été communiquées par ce savant en janvier 1842. Les physiciens qui ont le sentiment de la précision dans les données numériques reconnaîtront avec quelque satisfaction comment les incertitudes qui régnaient encore il y a quinze ans sur la configuration du sol entre la petite chaîne des Waldaï, le Lac Baikal et la partie sud-est du Gobi de Zakildak au mur de la Chine, ont été diminuées peu à peu. Il est d'une grande importance pour les progrès de l'hypsométrie que l'on sache entre quelles *limites* plus ou moins étroites l'incertitude oscille. Des résultats numériques sans indications des sources et des méthodes employées n'ont aucune valeur scientifique. Les temps ne sont plus où les *derniers* résultats de longitude ou de hauteur, simplement à cause de leur nouveauté, étaient préférés sans critique, à des résultats plus anciens. «Un plateau très-large, dit le comte de Keyserling, plateau élevé de 600 pieds au-dessus du niveau de la Baltique et couvert de collines qui atteignent 140 à 180 toises[1], se

[1] Voyez plus haut, t. I, p. 72 et 75. Le Thurmberg entre Dantzig et Butow, a 170 t. Selon un nivellement barométrique exécuté en 1824 par MM. de Helmersen et Hess, le point

dirige du sud-est de la Livonie vers Koursk et Voronedje. Les sommets de Munna-Mäggi (166 t.), Wolla-Mäggi et Gaisekalla au sud de Dorpat, mesurés trigonométriquement par M. de Struve, peuvent être regardés comme dominant toutes les hauteurs de la Russie européenne, à l'exception de la Crimée. La ville de Smolensk a encore 135 toises d'élévation. Une branche du plateau de Waldaï s'étend par une largeur de 30 à 40 verst de Wologda et Gresowitz (122 t.) vers la pente occidentale de l'Oural, sous les 62° de latitude. Le partage des eaux entre le Dwina et le Volga est au nord de Perm : au-delà de cette ligne de faîte commence la région des forêts. »

Le comte de Keyserling admet, pour la différence de hauteur entre les Observatoires de Saint-Pétersbourg et de Moscou 412 pieds, pour l'élévation de l'Observatoire de Moscou au-dessus de la Baltique 437 pieds. Or comme l'édifice de l'Université de Moscou est de 109 pieds au-dessous de l'Observatoire de cette même ville, il reste pour la hauteur absolue de l'Université de Moscou, 328 pieds. Comparez plus haut, t. I, p. 74 et 76 et t. II, p. 308.

Hauteur moyenne des continents. — En discutant (t. I, p. 93 et 188) le rapport qui existe entre la hauteur moyenne des terres et la profondeur des mers, j'ai

culminant du Waldaï a 183 t. et la source du Volga, qui n'est pas le Seligersee, mais le plateau de Wolgina-Werkhowie, 133 t. au-dessus du niveau de l'Océan. Helmersen, *Reise nach dem Ural*, 1841, p. 3.

dû citer l'exemple de la plus grande profondeur que la ligne de sonde avait atteinte jusqu'alors. Je puis ajouter aujourd'hui que d'après un rapport adressé par le capitaine James Ross à la Société royale de Géographie à Londres, ce navigateur expérimenté, dans son voyage vers le pôle antarctique, a sondé 900 *miles* à l'ouest de Sainte-Hélène, en employant un poids de 450 livres, à la profondeur de 30,000 pieds anglais, qui équivalent à 4691 toises ou 9143 mètres. (*Jameson's Edinb. New Phil. Journal*, vol. 29, p. 144.) C'est une profondeur qui surpasse l'élévation des plus hautes cimes de l'Himalaya. Le Djawahir n'a que 4026 t., le Dhawalagiri, moins bien mesuré, a 4390 t.

Dépression de la Mer Morte. — Pendant mon dernier séjour en Angleterre au mois de janvier 1842, mon savant ami le capitaine Washington m'a communiqué l'extrait d'une lettre adressée par M. Alderson à la Société royale de Géographie de Londres et renfermant une notice succincte de l'opération trigonométrique faite pour vérifier la dépression du niveau de la Mer Morte relativement au niveau de la Méditerranée. Le lieutenant Simond (de la marine royale britannique), très-habitué à faire des relèvements précis, mande de Jaffa le 28 novembre 1841, « qu'il vient de terminer la triangulation de la partie australe de la Syrie en employant un excellent théodolithe de 7 pouces, qu'il a reçu d'Angleterre. J'ai réussi enfin, dit-il, à déterminer le niveau respectif de la Méditerranée et de la Mer Morte. Je trouve le niveau de la dernière de 1607 *pieds anglais* (251 *toises ou* 489 *mè-*

tres) *plus bas que la maison la plus élevée de Jaffa*. J'ai encore à réduire le faîte de cette maison et Jaffa au niveau de la Méditerranée, et je pense que ce niveau *sera trouvé supérieur au niveau de la Mer Morte à peu près de* 1400 *pieds anglais* (219 toises ou 427 mètres), ce qui est plus que le double (?) de la différence qu'on a supposé jusqu'ici. Je puis être très-satisfait de la précision d'une opération dont les différentes parties offrent un accord parfait. » MM. Symond et Alderson ont terminé la mesure d'une base près de Saint-Jean-d'Acre, et le premier a été employé à relever le pays depuis le Cap Blanc jusqu'à l'est du Jourdain et à la Mer Morte.

Nous avons déjà fait remarquer plus haut jusqu'à quel point le résultat de la mesure géodésique de M. Symond faite en 1841 confirme les résultats des mesures barométriques du comte de Bertou (419 mètres,) et de M. Russeger (435 mètres). L'existence de cette énorme crevasse dans laquelle coule le Jourdain est un phénomène si extraordinaire, que les voyageurs même qui l'ont constaté ont tout d'abord douté de la précision de leurs observations. « Lorsqu'au mois d'août 1837, raconte M. de Bertou, je retrouvai sur le Mont Liban M. Moore qui, après de longs et courageux efforts, était contraint à renoncer au projet qu'il avait conçu de faire une reconnaissance détaillée de la Mer Morte, sur laquelle, à cet effet, il avait transporté un canot, il me communiqua le résultat de ses observations thermométriques (sur le degré de l'eau bouillante) indiquant une forte dépression du niveau de la Mer

Morte, je doutai de la précision de son instrument, et je ne me sentis aucunement disposé à admettre un fait si extraordinaire. » (*Bulletin de la Soc. de Géographie*, t. XII, p. 117. *Jameson's Edinb. New Phil. Journal*, vol. 29, p. 96 [1]. *W. R. Hamilton's Adress delivered to the Royal Geogr. Soc. of London on the* 27 *may* 1839.) Le savant voyageur, M. Schubert, se trouvait au mois d'avril 1837 dans la vallée du Jourdain. Il ne put mesurer que la dépression du Lac de Tiberiade (173 mètres). A la Mer Morte la colonne de mercure dépassait en montant la division de l'échelle de son baromètre. « Je ne pouvais croire, dit-il, au résultat de mes observations, que des amis ont publié à mon insu. J'accusais tour à tour mon baromètre ou des modifications particulières et locales de l'atmosphère. » (*Schubert*, *Reise in das Morgisland*, t. 3, p. 86.

[1] « Professor Schubert of Munich, two Englishmen, MM. Moore and Beek and M J. de Bertou, a frenchman, almost simultaneously and quite independently of one another, have made the discovery that the Dead Sea and the entire lower valley of the Jordan are situated considerably *under* the Mediterranean Sea. »

ÉCLAIRCISSEMENTS

SUR

LE CLIMAT DE LA RUSSIE.

Températures moyennes de Moscou et de Kazan. — Froid hivernal d'Orenbourg, des steppes de l'Emba et de Bokhara. — Tifflis et Smyrne comparés au climat d'Alger. — Sécheresse de l'air.

Les éléments numériques que je vais réunir dans cette notice sur les températures d'Asie offriront la preuve de l'intérêt croissant qui se manifeste en Russie pour les progrès de la *Climatologie comparée* et surtout pour la précision des méthodes propres à obtenir des moyennes thermiques.

Moscou. — Il a paru tout récemment (*Bulletin de la Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou*, 1842, n° 2, p. 472-494) un nouveau travail très-important offrant le résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire de Moscou de 1838-1841. M. Spaski ne donne pas seulement les résultats mensuels de ces quatre années, il a eu aussi le soin de réduire

au *nouveau style* les observations de 1820 à 1837 que M. Perewotschikoff avait publiées d'abord dans le *Magasin d'histoire naturelle de M. Dwigoubsky*, et puis à ma prière, considérablement augmentées dans le *Bulletin de la Soc. des Naturalistes de Moscou*, 1838, n° 4, p. 415. J'ai consigné plus haut les éléments numériques obtenus par M. Perewotschikoff dans mon *Tableau de la Climatologie de l'Empire de Russie*. Le travail très-étendu de M. Spaski confirme ce que j'ai avancé depuis longtemps sur la différence de climat des deux capitales, ancienne et moderne, dont l'une est centrale, l'autre presque littorale[1]. Les étés sont de 1°,7 cent. plus chauds à Moscou, les hivers de 2°,1 plus froids qu'à St-Pétersbourg. Il ne faut pas oublier que Moscou est de

[1] Comparez plus haut, t. III, p. 57-61 et mon *Mémoire sur les inflexions des lignes isothermes*, t. III, p. 143-165. Comme le groupe des Iles Fœroe (lat. 61°26′ et 62°25) représente de la manière la plus frappante dans l'hémisphère boréal le type d'un *climat insulaire* et *littoral*, je vais rapporter ici des éléments numériques renfermés dans une nouvelle édition que M. Trevelyan a fait imprimer à Florence de son excellent travail de Météorologie et Géographie des Plantes des Iles Fœroe. La température moyenne annuelle de *Thorshavn* est (selon les années 1781, 1782, 1798, 1759 et 1821) de 44°,08 Fahr. (6°,6 c.), tandis que les 4 mois de juin, juillet, août et septembre n'atteignent que la température moyenne de 55°,67 (12°,7 c.). Celle de janvier n'est pas au-dessous de 32°,9 F. (0°,9 c.). M. Trevelyan fait observer que le *Gulf-Stream* qui jette fréquemment les graines de plantes des Antilles sur les côtes des Iles Fœroe, peut bien contribuer un peu à élever la température de *Thorshavn*. Dans le tableau I de M. Mahlmann, on a placé par mégarde le mot Norvège à côté du nom de ce port des Fœroe.

4° ¼ plus méridional et que St-Pétersbourg ayant vers l'ouest une mer très-étroite, vers l'est et le nord-est de grands lacs couverts de glaces, ne jouit que médiocrement des avantages modérateurs du climat des côtes. Selon le travail de M. Spaski, les résultats moyens les plus exacts de 1820 à 1841, sont

hiver.....	—	9°,5 cent.	M. Mahlmann donne	— 10°,3
printemps.	+	4,5	(Voy. tableau I.)	+ 6,3
été.....	+	17,4		+ 16,8
automne...	+	4,0		+ 1,6
année.....	+	4°,1		+ 3°,6

Les moyennes ayant été primitivement tirées de 3 observations (8 h. du matin, 2 h. après-midi et 10 h. ou 11 h. du soir). M. Spaski les a diminuées de 0°,3. Cette correction, qui résulte de l'ensemble des observations horaires de Padoue, Leith et Halle, a été employée dans le tableau des saisons qui précède. Les plus grands froids de Moscou ont été, dans les années 1838, 1839, et 1841, de — 31°,3 et — 33°0. En 1840, le thermomètre est descendu à — 39°2. La température moyenne annuelle a oscillé en 20 ans entre — 3°,1 et — 5°,5; mais les moyennes de janvier ont oscillé de — 6°,4 à — 16°7. Les maxima de l'année atteignent[1] *souvent* 32° ¼ et 34°.

[1] Pendant les grandes chaleurs qui ont régné cette année, du 6 au 19 août 1842, le thermomètre n'est aussi monté à l'Observatoire à Paris que jusqu'à 34°,8 (27°,9) à Berlin à 32°,7 (26°,2). Presqu'à la même époque un excellent observateur, M. d'Orlich, capitaine dans l'armée prussienne, pendant un voyage de 36 jours d'Angleterre à Bombay, n'a vu aussi monter le thermomètre dans le désert, entre Alexandrie et Suez, comme dans la Mer Rouge entre Suez et Aden, qu'à 32°,6 et 33°,7, une seule fois à 35°,6 (28°,5).

Le mois de juillet, qui est le plus chaud de l'année, a oscillé dans sa *moyenne* pendant 20 jours de 16°,4 (1820 et 1821) à 22°,6 (1839 et 1841). La *période des variations barométriques horaires* se manifeste très-régulièrement dans les observations de Moscou : elle est petite comme dans toutes les zones très-boréales. (Voyez ma *Relation hist.* t. III, p. 309.)

Marées atmosphériques à Moscou.

Années.	8 h. du matin.	2 h. après-midi.	10 h. du soir.	Moyenne des 3 observations.
1838	738, 62	738, 38	738, 56	738, 52
1839	744, 53	744, 35	744, 39	744, 39
1840	746, 31	746, 14	745, 89	746, 11
1841	748, 29	748, 12	748, 06	748, 15

Les hauteurs barométriques exprimées en millimètres sont réduites à zéro de température. Les différences entre le maximum et le minimum de pression ont été, dans les quatre années indiquées, de 47,9; 58,5; 54,8; 52,0 millimètres.

Kazan. — Les moyennes que j'ai publiées plus haut (t. III, p. 67) et dans le *Tableau de la Climatologie de l'Empire de Russie* sont tirées d'observations antérieures à l'année 1834. M. Knorre, professeur à l'Université de Kazan, présente, à la fin du Mémoire de M. Spaski que je viens de citer, les moyennes mensuelles des quatre années 1834-1837. Il en résulte pour les saisons selon

M. Knorre:	hiver....	— 14°,3 c.	M. Mahlmann donne (Voy. tableau I.)	— 11°,3
	printemps	+ 3,2		+ 2,6
	été.....	+ 16,2		+ 17,0
	automne..	+ 2,7		+ 2,8
	année....	+ 1,9		+ 2,2

Les plus grands froids ont été, dans ces mêmes années — 29°,5 et — 30°,2; les plus grandes chaleurs + 27°,8. Les moyennes annuelles des quatre années 1834-1837 n'ont oscillé qu'entre 1°,5 et 2°,5.

Orenbourg. — Je n'ai pas pu comprendre cette ville située par lat. 51°45′ et par une *latitude absolue* de 37 t. toises dans le *Tableau de la Climatologie de l'Empire de Russie* (t. III, p. 102), parce que sa température moyenne paraît encore assez incertaine. « En se rappelant, dit M. de Helmersen (*Reise nach dem Ural*, 1841, p. 158) qu'Orenbourg est de 4° au sud de Kazan dont la température moyenne est de + 1°,9, il est difficile d'admettre que celle d'Orenbourg ne soit encore que de + 1°,8 cent. comme il résulte des moyennes de 4 années, 1828-1831, publiées par M. Khanikoff. On n'a pas rapporté d'après quelle méthode elles ont été déduites. Il est toutefois certain que les hivers de Saint-Pétersbourg (capitale placée 8° au nord d'Orenbourg) sont beaucoup plus doux que ceux qu'on éprouve sur les bords du fleuve Oural. La température moyenne de l'hiver de S.-Pétersbourg était en 1828 et 1829 de — 11°,3 et — 10°,8, quand, dans ces mêmes années, les hivers d'Orenbourg étaient de — 17°,8 et de — 15°,2. Aucun arbre fruitier ne végète autour d'Orenbourg, les saules, le bouleau et le Robinia Caragana sont les seuls arbres à feuilles non *acéreuses* que l'on puisse cultiver. Pendant l'hiver de 1829 les rennes, qui habitent généralement par les 62° de latitude, ont fait des excursions jusqu'à l'usine de cuivre de Preobrachenskoi, qui n'est pas d'un demi-degré plus septentrional qu'Orenbourg. » Il faut espérer que

M. de Helmersen publiera les moyennes de ses observations hivernales de 1834 et 1836. La température moyenne de Saratow (lat. 51° 31′) est, d'après 8 années (1792 - 1799) d'observations selon M. Erdman + 6°,2. (*Beiträge zur Kenntniss de Inneren von Russland*, t. II, p. 122.) Ce chiffre n'est-il pas trop élevé? C'est en faisant naître des doutes que l'on excite à la rectification des éléments numériques de la Climatologie.

Steppe des Kirghiz, Oust-Ourt. — En parlant de l'expédition russe vers Khiva en 1840 (t. I, p. 420, et t. III, p. 54), j'ai signalé les intéressantes observations de physique faites avec l'assiduité la plus courageuse et au milieu de grandes souffrances par M. Platon de Tchihatcheff. Elles sont jusqu'ici les seules qui, embrassant une étendue de temps très-considérable, nous font connaître avec précision le climat *excessif*[1] de la steppe des Kirghiz Kaizaks par les 46° et 51° de latitude et les 52° et 56° de longitude. M. de Tchihatcheff a très-judicieusement divisé ses observations en deux groupes, le premier offrant l'époque du froid le plus rigoureux, du 17 décembre 1839 au 6 janvier 1840, le second l'époque un peu plus tempérée de 5 au 21 février. «Dans le *premier groupe* la température moyenne était *a*) pendant 9 jours consécutifs, du 17 au 26 décembre, — 30°,9 (— 24°,8 R.) Maximum du froid — 43°,7 (— 35° R.); minimum — 23°,0 (— 18° R).

[1] C'est l'expression par laquelle Buffon désigne les climats dans lesquels un hiver de Suède succède à un été du midi de la France. Compares plus haut t. III, p. 72-75 et 155.

b) Pendant 21 jours, du 27 décembre au 6 janvier, — 18°,8 (—15°,1). Maximum du froid—36°,2 (—29°R.); minimum —11°8 (— 9°,5 R.). Le mercure de la boule du thermomètre resta congelé et malléable pendant 32 heures, du 17 au 19 décembre. Il se solidifia aussi, mais pour moins longtemps, le 22 décembre et le 15 février. Plusieurs boules thermométriques crevèrent par la dilatation du mercure. Les chronomètres, quoique fortement enveloppés, s'arrêtèrent lorsque le froid atteignit — 34° et — 37°. Les plus grands froids que l'expédition a eu à endurer étaient ceux qu'elle éprouvait dans les stations d'Ak-Boulak et de Bich-Tamak [1]. Dans le *second groupe* des observations du 4 au 20 février, pendant 17 jours, la température moyenne était — 25,°2 (— 20°,1 R.). Maximum du froid — 40°,7 (— 32°,6 R.); minimum — 12,°5 (— 10° R.).»

[1] « Du campement d'Ak-Boulak, dit M. de Tchihatcheff, l'Oust-Ourt se présente comme un plateau uni de 500 pieds de hauteur au-dessus de la steppe. Les bords du plateau paraissent escarpés. Le colonel des Cosaques de l'Oural, M. Bizianof, fit au mois de février une reconnaissance de l'Oust-Ourt à une distance de 150 verst. Il y trouva moins de neige, mais plus de vent et un froid plus intense que dans la steppe. On assure qu'en descendant du plateau vers le sud, on entre dans une région de température assez douce, dans les plaines de Kunrad, d'Ourghendj et de Khiva. Entre Ak-Boulak et Ati-Yaksi, à 50 verst de distance du premier de ces endroits, s'élève la petite chaîne de Bakir-Taugh dirigée E.-O. et liée probablement aux Mo, godjares. L'Ali-Taugh, peut-être de mille pieds de hauteur, est une des cimes du Bakir-Taugh. Nous le gravîmes avec peine. La pente méridionale offre quelques pieds de Sac-Saoul. (Anabasis ammodendron). »

« Les thermomètres que M. de Tchihatcheff a employés pendant l'expédition étaient sortis des ateliers de Greiner à Berlin et de Jurgensen à S.-Pétersbourg, comparés à ceux de MM. Mitscherlich et Lenz. On a observé chaque jour à peu près à 5 h. et 11 h. du matin, à 1 h. après-midi et à 9 h. du soir. Les moyennes sont déduites non de l'ensemble de ces heures, mais des températures extrêmes de chaque jour.

« La violence et la constance du vent rendaient la rigueur du froid encore plus pénible. Du 1er décembre 1839 au 1er avril 1840 il y avait, sur 121 jours, plus de 79 jours de vent soufflant généralement de l'E.N.E. et du N. E., quelquefois de l'E. Il y eut 29 fois de ces horribles tempêtes de neiges appelées *bouranes*[1] pendant lesquelles les flocons de neige, agités par le vent, obscurcissent l'atmosphère. Le 13 février le *bourane* était accompagné d'un abaissement de température de —31°,7 (—25°,4 R.), ce qui augmenta cruellement la souffrance de la troupe. Des 12,800 chameaux qui accompagnaient le corps expéditionnaire de 7000 hommes, 12,600 périrent, et ce qui est assez remarquable, c'est que le chameau à une bosse souffrait moins que le chameau bactrien. Les chevaux, au nombre de 2300, résistèrent assez bien au froid, à la neige et à la force des *bouranes*. Entre *Ati-Yaksi* sur l'Emba, et *Ak-Boulak*, deux stations auxquelles un habile ingénieur-géographe,

[1] Voyez la description de ces *bouranes* ou *bourans* dans le *Voyage de M. de Helmersen*, 1841, p. 164, et plus haut, t. III, p. 72.

M. Vasilief fit des observations très-précises de latitude et de longitude, la neige couvrait le sol souvent à 3 ou 4 pieds de profondeur. Par le froid le plus intense que la troupe endurait avec une admirable patience, on n'eut d'abord pour combustible que quelque herbes de la steppe qu'on déterrait sous la neige; plus tard, lorsque ces herbes mêmes manquaient, on ne pouvait avoir recours qu'aux cordages et aux nattes qui avaient servi soit à emballer les vivres et les munitions, soit à les attacher aux bâts des chameaux.»

«A la fin d'août 1839, les colonnes mobiles qui avaient précédé le corps expéditionnaire dans la steppe des Kirghiz, y éprouvèrent une chaleur dont le maximum (à l'ombre) doit avoir atteint[1] les 46°,2 (37° R.). Vers la mi-juin 1840, époque du retour des troupes à la frontière de Russie, le thermomètre s'éleva dans la steppe à

[1] Il me reste quelques doutes sur ces 46°,2 par 50° de latitude. Lorsque l'air dans les basses couches qui couvrent le sol de la steppe aride, est rempli de poussière, des molécules en partie terreuses, en partie d'origine végétale, prennent une température très-élevée et échauffent l'air par rayonnement. On ne mesure pas alors, à proprement parler, la température de l'air. C'est cette circonstance peut-être qui a fait voir à MM. Ritchee et Lyon, dans l'Oasis de Moursouk 56°,2 (45° R.) à l'ombre. A Paris et à Berlin, on n'a jamais vu le thermomètre au delà de 38°,4 et 39°,3. M. de Steven indique 43°,7 pour Kislar dans le bassin de la Caspienne. Le capitaine Tuckey n'éprouva jamais dans la Mer Rouge une température au-dessus de 45°; Rüppell à Dongola, pas au-dessus de 46°,9. Coutelle indique pour Philæ dans la Haute Egypte 43°,2 et Le Gentil, dont M. Arago a discuté les observations, pour Pondichery, 44°,7. (*Annuaire du Bureau des longitudes pour* 1835, p. 178.)

(28°6). Ces deux dernières observations ne sont pas de M. Tchihatchef, mais celle de 35°7 a été faite avec ses instruments par un observateur instruit, M. Mobitz, sur les rives de l'Ilek.

Bokhara. — Nous avons parlé plus haut (t. III, p. 38) de la culture du coton dans le Khanat de Talyschin, où la partie la plus australe de l'Empire de Russie est traversée par un parallèle qui est celui qui se retrouve en Espagne entre Valence et Carthagène. Pour éclaircir davantage ce qui a été rapporté sur le contraste singulier entre les températures estivales et hivernales des provinces trans-caucasiennes, il sera intéressant de rapporter ici les notions météorologiques précieuses qu'a recueillies très-récemment un voyageur russe très-instruit, M. Khanikoff, à la ville de *Bokhara*, que les observations astronomiques de Sir Alexander Burnes placent par lat. 39°43′ et que ce même observateur croit élevée de 1200 pieds anglais (186 t.) au-dessus de la surface de l'Océan. M. Khanikoff, frère de celui auquel on doit l'intéressante Topographie d'Orenbourg, a observé pendant son séjour à Bokhara, six fois par jour (au *minimum* du matin, à 9 h., à midi, à 2 h., à 5 h. et à 8 h. du soir), en décembre 1841 et dans les mois de janvier et février 1842. M. Kupffer, à son dernier voyage à Paris (nov. 1842), a bien voulu me communiquer tout le détail de ces 540 observations qui méritent une grande confiance. Je dois me borner à consigner ici que les moyennes déduites par M. Kupffer des *minima* du matin et des températures de 2 h. après-midi. Elles sont en degrés centésimaux.

Décembre[1].	+ 1°,5
Janvier.	— 4,3
Février.	— 0,6

La température moyenne de l'hiver était donc—1°,1. Les seules observations de 9 h. du matin donnent —2°,3. Si l'on combine 9 h. du matin et 8 h. du soir, qui sont presque des heures homonymes, on obtient — 1°.8, L'hiver de Bokhara, de cette ville célèbre qui a presque la latitude de Tolède, qui se trouve d'un degré plus méridional que Naples et dont l'élévation au-dessus de l'Océan n'est que le double de la hauteur de Mâcon (t. I, p. 62), est certainement au-dessous du point de la congélation et encore, du moins dans la Russie européenne, l'hiver de 1841 à 1842 a été remarquablement doux. L'altitude de Bokhara ne devrait augmenter le froid moyen de l'hiver que de 2°,2, ce qui donnerait pour les 39° 43′ de latitude au niveau de l'Océan à l'est de l'Oxus, un hiver de + 1°,1 : or dans l'Europe moyenne il faut remonter jusqu'à 52° de latitude, 12° plus au nord que Bokhara, pour trouver une moyenne hivernale si froide. Les minima moyens de température nocturne ont été à Bokhara, dans les années pour lesquelles nous avons des observations, — 2°,3 en décembre; — 7°,4 en janvier et

[1] Les mois sont comptés selon le nouveau style. La moyenne du mois de décembre est à Tiflis, situé 2° plus au nord que Bokhara et exactement à la même hauteur au-dessus du niveau de la mer, + 5°,7.

— 4°,4 en février. En décembre le thermomètre n'est descendu aucun jour au-dessous de — 8°,2 ; mais en janvier et février on a eu pendant plusieurs jours des froids de — 15°, — 20° et même (le 28 janvier) de — 23°,2 cent. [1]. Ce n'était que du froid nocturne, car le même 28 janvier, depuis midi jusqu'à 8 heures du soir, le thermomètre a oscillé seulement entre — 13° et — 16°. Les *maxima* moyens ont été, d'après les observations de 2 h. après-midi en décembre, de + 5°,4; en janvier — 1°, 3; en février + 2°,5. En décembre le thermomètre est monté plusieurs jours jusqu'à + 9° et + 10°,6. En janvier il n'est monté de midi à 2 h. que 12 fois au-dessus de zéro, ne dépassant pas + 3° et + 4°,4 : mais en février, au milieu du jour, par une température printanière, on a vu progressivement + 8°, + 12° et même 18°,7. Je suis entré dans ces détails pour faire concevoir comment, malgré le froid hivernal, les jardins de Bokhara renferment des mûriers, des figuiers et même des grenadiers. M. de Meyendorf (*Voyage à Bokhara*, p. 206) nous apprend qu'en hiver on couvre

[1] Les minima qu'on a observés dans quelques jours d'hiver ont été, d'après de bonnes observations, depuis plus d'un demi-siècle, à

Florence (lat. 43° 46')	— 8°,5	Rome (lat. 41° 54')..	— 5°,9
Pise (lat. 43° 43')....	— 6, 3	Naples (lat. 41° 51').	— 2, 9
Nice (lat. 43° 41')....	— 9, 6	Bokhara (lat. 39° 43').	— 23, 2
Toulon (lat. 43° 7')...	— 10, 0	Lisbonne (lat. 38° 42').	— 2, 7

Voyez Mahlmann, *Mittlere Vertheilung der Wärme auf der Erdobeflache*, 1840, p. 172. M. Tenore donne même — 5° pour le froid absolu et accidentel de Naples.

la vigne (le *kichmich* ou raisin sans pepins) et le grenadier.

Tiflis et Smyane comparés a Alger. — Depuis que nous avons tout récemment appris à connaître avec une grande précision la température moyenne d'Alger (lat. 36°47′), il y a de l'intérêt à comparer le système de climat de deux villes asiatiques, Smyrne (lat. 38° 26′) et Tiflis (41° 41′) avec le climat de la côte septentrionale d'Afrique possédée par la France. La belle cité de l'Asie mineure est sur un parallèle éloigné de 2° à 3° des parallèles de Tiflis et d'Alger, mais la différence en longitude est de 42°. On croit les températures moyennes de ces villes, en les rangeant du nord au sud, 15°,8; 18°,2; 17°,8. L'intermédiaire, Smyrne, comme il a été dit dans le Tableau *III*, est certainement trop élevée; les notions acquises par M. Aimé sur la chaleur moyenne d'Alger, ont confirmé ce doute. On ne possède pour Smyrne qu'une seule année d'observations faites, il est vrai, 4 fois par jour[1]. A Tiflis, la moyenne du mois d'août s'élève à 28°,5, c'est-à-dire 3°,7 de plus qu'à Alger. Les moyennes de décembre sont au contraire à Tiflis et à Alger de 5°,8 et de 12°,8. Il serait bien à désirer d'obtenir numériquement avec quelque précision la connaissance du climat de la Géorgie. Comme la température moyenne d'Alger et surtout la distribution de cette moyenne annuelle entre les différentes saisons, rapportée dans le Tableau IV, ont été signalées comme *peu certaines*, il est

[1] L'année 1820. (Mahlmann, p. 89.)

important pour les essais si variés de culture qui se font sur cette côte africaine, de substituer à des chiffres incertains des résultats qui méritent la plus haute confiance. La température annuelle avait été indiquée dans les ouvrages très-récents de MM. Genty de Bussy, Rozet et Bérard de la manière la plus différente [1], oscillant entre 18° et 21°,6. Déjà les observations que Réaumur fit faire à Alger en 1735 et 1736 et auxquelles Lambert accordait trop de confiance dans sa *Pyrométrie*, donnaient 20°. Mon savant ami, M. Bérard, capitaine de vaisseau stationné à la Nouvelle-Zélande, a réuni très-judicieusement les observations de température faites dans les environs d'Alger et sur le littoral entre Bone et Oran. Dans sa *Description nautique des côtes d'Algérie* [2], qui est un modèle de précision, il s'est approché le plus de la véritable température moyenne. Il l'évalue pour les années 1827-1834 à 18°,9. Les minima et maxima de température dans le tableau de M. Bérard offrent :

hiver. . . .	11°,7
printemps. .	18°,2
été.	24°,7
automne. .	21°,0
année. . . .	18°,9

M. Laugier, astronome à l'Observatoire de Paris, a bien voulu soumettre au calcul, à ma prière, les observations faites à Alger depuis le mois d'avril 1838 jus-

[1] L. c, p. 97.
[2] Seconde édition (1839), p. 60.

qu'au mois d'octobre 1841. Il en a déduit les températures moyennes qui suivent :

Hiver	déc.	12°,86	Printemps	mars	13°,33
	janv.	11, 65		avril	15, 02
	fév.	12, 68		mai	19, 07
		12°,40			15°,45

Eté	juin	21°,95	Automne	sept.	22°,87
	juill.	24, 03		oct.	20, 27
	août	24, 71		nov.	16, 62
		23°,56			19°,92

Mois le plus chaud (août) + 24°,71
——— froid (janvier) + 11,65

hiver. . .	12°,40
printemps.	15, 47
été. . . .	23, 52
automne.	19, 92
moyenne des 4 années.	17°,84 [1]

Aussi la température des sources [2] a été trouvée par

[1] L'égalité de la température annuelle est telle qu'en prenant les années 1839 et 1840 seules, on trouve pour moyennes 17°,79 et 17°,87, ce qui diffère très-peu de 17°,84. Les moyennes ont été déduites par M. Laugier de *minima* et *maxima* diurnes.

[2] Près de Toulon M. Pellion, lieutenant de vaisseau, a trouvé la température des sources de Dardennes de 15°,2, ce qui n'est peut-être aussi que de quelques dixièmes de degré au-dessous de la température moyenne de l'air à Toulon, car par les seules observations faites à midi, on y trouve 18°,4. (Bérard, p. 47.)

M. Rozet de 17°. L'égalité des moyennes pendant les 3 hivers a été si parfaite, qu'on trouve pour le mois de janvier

1839. . . .	11°,60
1840. . . .	11, 85
1841.	11, 49

Dans ces années le thermomètre n'est jamais descendu au-dessous de + 1°,7; il est même rare qu'il descende au-dessous de + 5°. On l'a vu monter en juillet à 36°,2 (29°,1 R.), en août une fois à 36°,7 (29°,4 R.)[1]. Même, en janvier, il a atteint quelquefois 19°,5 à 19°,9. Les températures moyennes des hivers d'Alger (lat. 36° 47′) et de Marseille (lat. 43° 18′) diffèrent de 4°,9. Les premières sont, d'après M. Aimé, 12°,4; les secondes, selon M. Valz, par 18 années d'observations, 7°,5. En Europe, parmi les lieux dont les températures moyennes sont connues avec quelque certitude, celles de Palerme (17°,2 par lat. 38° 7), Gibraltar (17°,9 par lat. 36° 7′), Canée dans l'Ile de Candie (18°,6 par lat. 35° 29′), Messine (18°,8 par lat. 38° 11′), et Catanea en Sicile (19°,6 par lat. 37° 30′) approchent le plus de la température moyenne d'Alger (17°,8 par lat. 36° 47′)

Sécheresse de l'air. — La sécheresse que, par l'emploi des méthodes psychrométriques de M. August, nous avons trouvée, MM. Gustave Rose, Ehrenberg et moi, dans la steppe Platowskaya, un peu au nord de

[1] Pendant le *Sémoun* (*smoum*), vent du désert qui souffle du sud et du sud-est, M. Rozet a vu s'élever la température à Alger jusqu'à 38°. (Berard, p. 70.)

l'Altaï (t. III, p. 87), a été citée souvent comme *le plus grand degré de sécheresse* qui jamais ait été observé dans les basses régions de l'atmosphère. Elle correspond à peu près à 28° ou 30° de l'hygromètre à cheveu. En Europe, dans les environs de Berlin, M. Erman père a vu rétrograder l'hygromètre une seule fois à 42°, la température de l'air étant, comme lors de notre observation d'Asie, aussi de 23°,7 cent. L'été de 1842 ayant été remarquable dans le nord de l'Allemagne par la plus longue absence de pluie et de rosée qu'on ait observée depuis un grand nombre d'années, j'ai engagé M. August de vouloir bien me communiquer le tableau de ses mesures psychrométriques. Ce physicien expérimenté a trouvé le 19 août, à 2 h. de l'après-midi, par une température de 31°,7, l'air de Berlin tellement sec *que le point de la condensation* se trouvait à + 1°,4, de sorte que l'air ne contenait que $\frac{16}{100}$ de vapeurs. Les fractions de saturation de l'air dans les deux observations, celle de Berlin et celle de la steppe Platowskaya, ont été les mêmes; mais il convient de remarquer que les *quantités absolues* d'humidité sont très-différentes. La quantité absolue de vapeur contenue dans l'air était plus grande à Berlin, la température y ayant été de 31°,7, tandis qu'en Asie elle était de 23°,7 au moment de l'expérience psychrométrique. Le point de la rosée dans la steppe était — 4°,3. Je pense que ces éléments numériques ne sont pas sans intérêt pour l'étude de la *Climatologie comparée*.

ZONES ISOTHERMES

DIVISÉES EN SEPT GROUPES.

Latitudes isothermes de —18° à +31°,5.

Le mémoire qui traite des *lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe* publié en 1817 dans le tome III des *Mémoires de la Société d'Arcueil*, p. 465-611, était accompagné d'un tableau qui présentait 60 lieux de la terre répartis en 6 *bandes* de tempéraratures moyennes de 0° à 27°,7. J'avais choisi de préférence les stations pour lesquelles on avait plus de 8000 observations. Mon Tableau a servi de fondement à un grand nombre de tableaux publiés depuis 25 ans : il renfermait en même temps l'indication et la critique des sources dans lesquelles j'avais puisé. J'ai substitué à ce travail intimement lié aux *Recherches sur les causes des inflexions des lignes isothermes* [1], les quatre

[1] Voyez plus haut, t. III, p. 102-359.

grands Tableaux qu'un excellent physicien, M. Guillaume Mahlmann, m'a fait l'amitié de composer sur l'ensemble des documents publiés et non publiés, qu'avec une assiduité sans exemple il a su réunir. Le travail tel qu'il paraît ici n'a pas paru dans ma patrie. Les 4 Tableaux offrent, comme celui que j'ai rédigé en 1817, la position des lieux en latitude, longitude et *altitude* (hauteur au-dessus du niveau de la mer), les températures moyennes de l'année et des quatre saisons de l'année, celles du mois le plus froid et du mois le plus chaud, enfin le nombre des années dont les moyennes sont déduites.

Le travail de M. Mahlmann tel que ce savant l'a publié en allemand [1] dans le 4e volume du *Répertoire de Physique*, *par M. Dove*, embrasse 700 à 800 lieux : mais il ne présente dans les tableaux mêmes que la *position* des lieux et la *température moyenne de l'année entière*. Dans la critique judicieuse à laquelle l'habile physicien a soumis la température d'un si grand nombre de lieux distribués géographiquement, il n'a pu être question de la moyenne des saisons ou des mois les plus

[1] *Mittlere Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche nebst Bemerkungen über die Bestimmung der mittleren Temperaturen* (Berlin, 1840), p. 2.

chauds et les plus froids que pour un très-petit nombre de positions. Après avoir quitté la France comme séjour habituel, j'étais moi-même occupé d'un travail semblable; dès que j'ai appris que M. Mahlmann avait déjà réuni une beaucoup plus grande masse de documents et qu'il les discutait avec sagacité, je me suis empressé de lui communiquer tout ce que je possédais [1]. Je pense que la réunion d'éléments numériques, telle qu'elle résulte du travail de M. Mahlmann, est un des plus grands services rendus de nos jours à la Climatologie des terres continentales et des îles. Les 4 Tableaux annexés à mon ouvrage embrassent 315 lieux. Pour les grouper convenablement et pour faciliter le tracé des *inflexions des courbes isothermes* sur des *Cartes de température*, je consignerai ici par extrait, d'après l'ouvrage souvent cité, huit zones de températures moyennes

de	— 18°	à	0°
	0,1	à	5
	5,1	à	7,5
	7,6	à	10

[1] L. c. p. 142-171. L'auteur observe (p. 22) « que malgré le prodigieux accroissement d'observations météorologiques qu'offrent les vingt dernières années, les grandes inflexions des courbes isothermes ont conservé à peu près le même type que leur a assigné le mémoire de 1817. (Voyez dans le vol. III des *Mém. de la Société d'Arcueil*, les p. 523-525.) Sur les singulières bifurcations de quelques courbes isothermes au niveau des mers et sur la question de savoir s'il y a deux bandes de *maxima* de température au sud et au nord de l'équateur terrestre, comme, selon M. Lens, il y a deux bandes de *maxima* de salure dans l'Océan, comparez Mahlmann, p. 158 et 160.

— 10,1	à	15
15,1	à	20
20,1	à	25
25,1	à	31,5

Ces *zônes* ne renferment qu'un tiers de plus des *latitudes isothermes* que comprenait l'ancien Tableau publié dans les *Mémoires de la Société d'Arcueil*. Les latitudes et les longitudes géographiques y sont exprimées en degrés et en *décimales* de degré. Les altitudes n'ont été ajoutées que lorsqu'elles dépassent 16 toises. On a choisi de préférence les points des *sommets convexes* ou *concaves* de chaque *courbe isotherme*, de même que les points d'*inflexions* très-partielles ou locales de ces courbes.

I. Zone isotherme de —18° a 0° e nt.

LIEUX.	Latitude boréale.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
	°	°		°
Ile Melville.	74,8	113,1 O.	...	—18,7
Igloulik.	69,3	84,4 O.	...	—16,6
Port Bowen.	73,2	91,2 O.	...	—15,8
Oustjansk.	70,9	133,4 E.	...	—16,6
N. Kolymsk.	68,5	158,6 E.	...	—11,2
Iakoutsk.	62,0	127,4 E.	45	— 7,5
Nouvelle Zemble.	73,0	51,7 E.	...	— 8,4
Godhavn.	69,2	55,7 O.	...	— 5,5
Naïa.	57,2	64,3 O.	...	— 3,6
Enontekies.	68,7	20,0 E.	223	— 2,7
St.-Gothard.	46,5	6,2 E.	1075	— 0,8
St.-Bernard.	45,8	4,8 E.	1278	— 1,2
Irkoutsk.	52,3	102,0 E.	208	— 0,2
Slatoust.	55,2	57,5 E.	164	— 0,5
Cumberland House.	53,9	104,6 O.	125	— 0,0

II. ZONE ISOTHERME DE 0,1 A 5°,0 CENT.

Lieux.	Latitude boréale.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
Uleäborg.	65,0	23,1 E.	...	0,7
Ekatherinenbourg.	56,8	58,3 E.	126	1,3
Brocken.	51,7	8,3 E.	580	1,4
Kazan.	55,8	46,7 E.	9	1,9
Umea.	63,8	17,9 E.	...	2,1
Québec.	46,8	73,6 O.	50	3,1
Moscou.	55,7	35,3 E.	67	4,1
Terre-Neuve.	47,6	54,9 O.	22	3,5
Pétersbourg.	59,9	27,9 E.	...	3,5
Reikiavig.	64,1	24,3 O.	...	4,1
Abo.	60,4	19,9 E.	...	4,6

III. ZONE ISOTHERME DE 5°,1 A 7°,5 CENT.

LIEUX.	Latitude boréale.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
Upsala.	59°,9	15°,3 E.	...	5°,3
Mont Cenis.	45,2	4,6 E.	1020	5,4
Fort Sullivan.	44,9	69,3 O.	...	5,7
Stockholm.	59,3	15,7 E.	...	5,6
Kœnigsberg.	54,7	18,2 E.	...	6,2
Halifax.	44,6	65,9 O.	...	6,2
Peyssenberg.	47,8	8,7 E.	504	6,2
Montréal.	45,5	75,9 O.	...	6,5
Fort Snelling.	44,9	95,5 O.	...	6,9
Nouv. Arkhangelsk.	57,0	222,2 E.	...	6,9
Wilna.	54,7	23,0 E.	58	6,8
Freiberg.	50,9	11,0 E.	207	7,2
Lund.	55,7	10,8 E.	...	7,2
Gotha.	50,9	8,4 E.	158	7,3
Ilmenau.	50,7	8,6 E.	237	7,4
Tegernsee.	47,7	9,4 E.	377	7,4
Utica.	43,1	77,5 O.	75	7,4
Varsovie.	52,2	18,7 E.	68	7,5

IV. ZONE ISOTHERME DE 7°,6 A 10°,0 CENT.

LIEUX.	Latitude.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
Dantzig,	54°,3	16°,3 E.	...	7°,6
Hartwick.	42,6	77,5 O.	...	7,6
Kremsmünster.	48,0	11,8 E.	185	7,8
Gothenbourg.	57,7	9,6 E.	...	7,9
Iles Orkneys.	58,9	5,8 O.	...	8,0
Cracovie.	50,1	17,6 E.	102	8,0
Breslau.	51,6	14,7 E.	72	8,1
Berlin.	52,5	11,0 E.	18	8,6
Providence.	41,8	73,7 O.	...	8,5
Cambridge.	42,4	73,5 O.	...	8,9
Inspruck.	47,3	9,4 E	270	9,0
Odessa.	46,5	28,4 E.	...	9,1
Nicolaïeff.	47,0	29,6 E.	...	9,3
Boston.	42,3	73,4 O.	...	9,3
Genève.	46,2	3,8 E.	209	9,7
Council Bluffs.	41,4	98,1 O.	125	9,7
Strasbourg.	48,6	5,4 E.	75	9,8
St-George.	46,3	125,3 O.	...	10,1
Wolcott.	41,5	73,7 O.	...	10,1
Haarlem.	52,4	2,3 E.	...	10,0
Carlsruhe.	49,0	6,1 E.	58	10,0

V. ZONE ISOTHERME DE 10°,1 A 15°,0 CENT.

LIEUX.	Latitude.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
	°	°		°
Vienne.	48,2	14,0 E.	80	10,1
Metz.	49,0	3,8 E.	93	10,3
Newport.	41,5	73,7 O.	...	10,5
Paris.	48,8	0,0	30	10,8
Penzance.	50,1	7,9 O.	...	11,2
Baltimore.	39,3	78,9 O.	...	11,6
Germantown.	40,0	77,6 O.	32	11,1
Cincinnati.	39,1	86,8 O	83	12,2
New-York.	40.7	76,3 O.	...	12,1
Padoue.	45,4	9,5 E.	15	12,5
Washington.	38,9	79,4 O.	...	12,7
Peking.	39,9	114,1 E.	...	12,7
Saint-Louis.	38,6	91,9 O.	87	12,9
Richmond.	37,5	79,8 O.	...	13,8
Ootacamund.	11,4	74,3 E.	1150	14,4
Montpellier.	43,6	1,5 E.	17	14,1
Madrid.	40,3	6,0 O.	340	14,2
Bologne.	44,5	9,0 E.	42	14,3
Pasto.	1,2	79,7 O.	1342	14,6
Lucques.	43,8	8,2 E.	...	14,9
Bogota.	4,6	76,6 O.	1365	14,5
Toluca.	19,3	101,7 O.	1379	15,0

VI. ZONE ISOTHERME DE 15°,1 A 20°,0 CENT.

LIEUX.	Latitude.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
Florence.	43°,8	8°,9 E.	34	15°,2
Rome.	41,9	10,1 E.	27	15,4
Athènes.	38,0	21,4 E.	...	15,5
Quito.	0,2 S.	81,1 O.	1492	15,5
Albany.	35,0 S.	115,5 E.	...	16,0
Lisbonne.	38,7	11,5 O.	...	16,3
Mexico.	19,4	101,1 O.	1165	16,4
Naples.	40,8	11,9 E.	38	16,9
Palerme.	38,1	11,0 E.	34	17,2
Katmandou.	27,7	85,3 E.	720	17,3
Alger.	36,8	0,7 E.	...	17,8
Paramatta.	33,8 S.	148,9 E.	...	18,0
Popayan.	2,4	79,0 O.	911	18,2
Xalapa.	19,5	99,2 O.	677	18,2
Natchez.	31,6	93,7 O.	30	18,3
Ville du Cap de Bonne-Espér.	33,9 S.	16,0 E.	...	19,1
Nouv. Orléans.	30,0	92,4 O.	...	19,4

VII. ZONE ISOTHERME DE 20°,1 A 25°,0 CENT.

LIEUX.	Latitude.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
Tunis.	36°,8	7°,8 E.	...	20°,3?
Marmato.	5,4	77,7 E.	730	20,4
Chiltpantzingo.	17,5	102,3 O.	708	20,6
Ste-Croix de Ténériffe.	28,5	18,6 O.	...	21,6
Canton.	23,1	110,9 E.	...	21,6
Caracas.	10,6	69,4 O.	479	21,9
Le Caire.	30,0	28,9 E.	...	22,3
Saint-Augustin.	29,8	83,9 O.	...	22,3
Lima.	12,1 S.	79,5 O.	88	22,4
Macao.	22,2	114,2 E.	...	22,5
Rio-Janeiro.	22,9 S.	45,6 O.	...	23,1
Key-Ouest.	24,6	84,2 O.	...	24,7
Havane.	23,2	84,7	...	25,0
Seringapatam.	12,7	74,3 E.	376	25,0

VIII. ZONE ISOTHERME DE 25°,1 A 31°,5 CENT.

LIEUX.	Latitude.	Longitude.	Hauteur en toises.	Température moy.
	°	°		°
Benarès.	25,3	80,6 E.	50	24,4
Vera-Cruz.	19,2	98,5 O.	...	25,4
Calcutta.	22,6	86,0 E.	...	25,7
Tortola.	18,5	67,0 O.	133	26,1
Guayaquil.	2,2 S.	82,3 O.	...	26,0
Bombay.	18,9	70,6 E.	...	26,2
Singapore.	1,3	101,5 E.	...	26,7
Trinconomale.	8,6	79,0 O.	...	27,1
Christianborg.	5,4	2,2 O.	...	27,2
Carthagène des Ind.	10,4	77,8 O.	...	27,5
Cumana.	10,5	66,5 O.	...	27,7
Rio-Hacha.	11,5	75,3 O.	...	28,3
Maracaybo.	10,6	74,2 O.	...	29,0
Pondichery.	11,9	77,5 E.	...	29,6
Massahua.	15,6	37,1 E.	...	31,5

FONDEMENTS

DE LA

CARTE DE L'ASIE CENTRALE.

(*Afghanistan.* — *Lac Aral.* — *Khiva.* — *Rivière Tchoui.* — *Bokhara.* — *Samarkande.* — *Longitude des Arabes*, *Khobbet-Arym.*)

Les fondements astronomiques sur lesquels repose ma *Carte des chaînes de montagnes de l'Asie centrale*, ont été discutés en partie dans les deux premiers volumes de cet ouvrage, en partie dans la *Notice sur les positions de l'Oural et de l'Altaï* qui précède le *Supplément* (t. III, p. 479-492). Je tâcherai de compléter l'Analyse de la carte en fixant l'attention des géographes sur quelques points qui, assez accessibles aux voyageurs d'Europe, n'ont cependant pas encore été suffisamment éclaircis sous le rapport de la coordonnée de longitude.

Dans l'Afghanistan et dans le prolongement occidental de l'Hindou-Kho, j'ai suivi de préférence pour Candahar et Hérat les longitudes qu'offre l'intéressant ouvrage du major Hough. J'ai placé Hérat long. 59°50',

lat. 34°20; Kandahar[1] long. 63°10', lat. 31°40'. Macartney dans la carte qu'il a construite pour *Elphinstone's Account of Cabul* (avec Rennell et Burnes, le plus important ouvrage que nous possédions sur l'Inde), avait placé Hérat long. 60°2', lat. 34°48', de sorte que c'est justement la latitude qui est la moins précise, étant en erreur de 28'. Pour la latitude de Kandahar, les *variantes leçons* sont plus extraordinaires encore : Macartney (1809) donnait 32°10', et cette latitude qui diffère d'un demi-degré de celle de Hough, se retrouve sur la carte du voyage à l'Oxus du lieutenant Wood, publiée en 1841. Le géographe de la Compagnie de l'Inde, M. Walker[2] à 31°36'. Quant à Caboul, j'ai suivi la position que M. Arrowsmith a assignée à cette ville dans la grande et belle carte qu'il a construite pour le Voyage de Burnes. Elle est sans doute beaucoup trop orientale, mais j'ai dû craindre en la corrigeant d'altérer trop la distance de Pechavur[3] et l'orientation des cimes de Kohibaba[4] et du Pic de l'Hindou-Kush. Le major Hough place Caboul lat. 34°30', long. 66°14'. Sir Alexander Burnes l'a cru au moins d'un demi-degré plus oriental. Dans la carte qui accompagne le

[1] *Narrative of the march and operations of the Army of the Indus in the Expedition of Afghanistan in the years* 1838 *and* 1839. Lond. 1841, p. 131.

[2] *Map of the countries in the North-West frontier of India compiled chiefly from the surveys of lieut. Wood and Major Leech.*

[3] Burnes, *Travels into Bokhara*, t. III, p. 130.

[4] Voyez plus haut, t. II, p. 433.

Voyage de Wood aux sources de l'Oxus, Caboul est aussi situé long. 66°49', et Kandahar long. 63°44'. Toutes ces positions ne se fondent pas sur des déterminations astronomiques *absolues* (occultations, différences d'ascension droite de la lune et des étoiles), mais sur le transport du temps d'Attok et surtout de Lodiana que Burnes suppose par long. 73°34'. Aussi longtemps qu'on *publiera* des cartes sans des mémoires analytiques indiquant les fondements de la construction de ces mêmes cartes, aussi longtemps qu'on n'indiquera pas la dépendance chronométrique dans laquelle un certain nombre de positions se trouvent mutuellement, la géographie astronomique de ces contrées restera enveloppée d'incertitudes aux yeux de ceux qui connaissent les dangers des changements partiels. Je n'ai pu marquer sur ma carte orographique toute cette multiplicité de rides parallèles du *Système des Monts Kanda* dirigés N.E.-S.O. qui croisent les chaînes E.-O. du Suffeid-Kho (en afghan : *Spin Gur*) et de l'Hindou-Kho méridional. Les arêtes de ce *Système Kanda* [1] auquel

[1] Le nom de *Kanda* a été proposé par M. Lassen dans son savant traité sur les rois Grecs et Indo-scythes de la Bactriane. (*Zur Geschichte der Griechischen und Indoskythischen Kœnige in Baktrien*, 1838, p. 119.) Comparez une discussion orographique dans la note 130 de M. Zimmermann, *Geogr. Analyse der Karte von Inner-Asien* (1841), p. 73, avec son *Kriegsschauplatz von Afghanistan* (1842), p. 104 et 108; et plus haut, t. I, p. 217. Il existe aussi à l'extrémité la plus septentrionale de ce même *Système Kanda* un village appelé Kandi, situé sur la rivière Chaganserai qui coule vers le sud et est un affluent de la rivière de Caboul; Kandi est 1°10' à l'O.S.O. de Chitral. (*Mem. of Baber*, p. 144.)

appartient dans le Cafiristan la petite chaîne Ketwer, ont la direction du fleuve Helmund (Hirmend du Sultan Baber, Helbend des auteurs persans) qui se perd dans le Lac Zareh. Elles remplissent, surtout au sud du parallèle de 34°, toute la vaste région entre Furrah, le château de Ghizni (Ghuznee, Ghasna) et la chaîne du Suffeid-Kho[1]. L'illustre historien Heeren (*Ideen*, t. I, p. 361) a très-bien reconnu que dans le temps de la florissante monarchie des Perses, ce n'était pas l'Indus, mais les Monts Kanda qui limitaient l'Inde.

Le minimum de la distance actuelle de la Caspienne, des côtes de l'Aral mérite quelques éclaircissements. Déjà dans la petite carte annexée aux *Fragments asiatiques* (1830, p. 111), j'avais pu profiter des déterminations de longitude très-précises faites par M. Lemm,

[1] Tandis que le Suffeid-Kho conserve le parallélisme du Kouen-lun et de l'Hindou-Kho méridional, la *Chaîne de sel* de Kalabagh suit la direction S.E.-N.O. de l'Himalaya dans lequel des strates (S. O.-N. E. incl. 10° à 25° S. E.) coupent le soulèvement longitudinal presque à angle droit. (Comparez Al. Gerard. *Account of Koonawur ed. by George Lloyd*, 1841, p. 5 et 10, avec ce que j'ai rapporté plus haut., t. I, p. 278-285.) L'ouvrage posthume du capitaine Alexandre Gerard offre d'excellentes discussions sur la difficulté de déterminer dans l'Himalaya la limite des neiges (p. 157-160) et sur les mesures de hauteur, à l'aide du baromètre et de l'ébullition de l'eau (p. 160-181); mais l'évaluation de l'altitude des *Lacs sacrés*, Manasa et Ravana-hrada visités par Moorcroft et le capitaine Hearsey, n'est appuyée que de vagues spéculations sur la pente d'une rivière en partant de la hauteur (1687 t.) de Bekhur pour arriver à 2657 t. (Comparez Lloyd, p. 131 et 143, avec *Asie centrale*, t. III, p. 318, 320 et 324)

astronome du Dépôt des cartes de l'Etat-major à St-Pétersbourg. Cet habile observateur ayant suivi l'expédition du général Berg, a fixé la longitude du littoral de la Mer d'Aral par des *passages* comparés de la lune et d'étoiles bien choisies (différence d'ascensions droites). Je crois que je puis dire encore aujourd'hui, comme il y a douze ans[1], que les points déterminés par M. Lemm sont les seuls, dans tout le pourtour de l'Aral, qui se fondent sur des observations astronomiques. Selon l'ensemble des résultats du travail de M. Lemm, récemment publiés[2], la côte occidentale de la Mer d'Aral se trouve sur le parallèle de 45°26'15", par longitude 3h 44'56" (56°14'0"), et sur le parallèle de 45°36'41" par 3h45'17" (56°19'15") à l'ouest du méridien de Paris. La largeur de l'isthme des Troukhmènes entre l'Aral et la Caspienne n'est pas facile[3] à déterminer avec précision, parce que sur les mêmes parallèles il faudrait avoir des points également sûrs en longitude. En supposant, sur le parallèle de 45°, le littoral occidental de l'Aral qui est dirigé dans cette partie N.E.-S.O.[4] par long. 55 50', et la nouvelle forteresse d'Alexandrovski, fondée au fond de l'anse de Mertvoi Koultouk, d'après la carte manus-

[1] Voyez plus haut, t. I, p. 419.

[2] Adolphe Erman, *Archiv der wissenschaftlichen Kunde von Russland*, 1841, n° 1, p. 21-24.

[3] Voyez plus haut, t. I, p. 423.

[4] Les observations astronomiques de M. Lemm sont par les 45°36' et 45°26'. La longitude 55°50', là où le parallèle de 45° traverse le littoral de l'Aral, n'est par conséquent pas le résultat d'une observation directe, j'ai dû la conclure de la direction des côtes.

crite [1] que M. le lieutenant-général de Perovski a bien voulu me communiquer récemment, par long. 51°32', on trouve la largeur de l'isthme entre les deux mers intérieures de 4°18'. C'est presque 33' (en arc) de plus qu'il semblait résulter de la comparaison de l'observa-

[1] Cette carte, rédigée en langue russe s'étend de 35° à 56° de latitude entre les méridiens de 44° et 64° (à l'est de Paris) : elle porte le titre de : *Carte générale de la partie nord-ouest de l'Asie moyenne tracée en* 1841 *sur l'échelle de* 100 *verst par pouce anglais*. Elle fait partie d'un grand travail que M. de Perovski, gouverneur général d'Orenbourg, a caractérisé dans une lettre qu'il a bien voulu m'adresser à Paris en septembre 1842, avant son départ pour l'Italie. « Jusqu'en 1830, écrit le général, toutes les explorations géographiques n'avaient été que partielles et n'étaient pour ainsi dire que des reconnaissances locales. Tout en vous fournissant des données exactes sur plusieurs points isolés, les cartes, pendant votre expédition, n'auraient pu vous éclairer sur le caractère général de la contrée. C'est pour obvier à cet inconvénient que nous avons entrepris une levés générale de tout le pays compris entre les embouchures du Volga, le littoral N. E. de la Caspienne et les rivières Emba, Bielaya et Irtyche. Une grande partie de ce travail est déjà terminée et les relations fréquentes établies, depuis l'expédition de Khiva, avec cette dernière ville et avec Bokhara, ont offert la facilité d'étendre les recherches vers l'est et le sud de ces contrées.» On doit espérer que des travaux si importants pour l'orographie de l'Asie et si honorables pour le gouvernement qui les a ordonnés, seront rendus publics. Déjà M. Murchison a eu communication de la partie du *sud de la chaîne de l'Oural* levée sous la direction de M. le général Rakosofski, et a pu en profiter pour une grande carte encore inédite qui porte le titre : *Russia in Europe and the Ural Mountains chiefly coloured from geological surveys, by R. J. Murchison, E. de Verneuil and Count Keyserling assisted by Lieut. Kokscharof*, 1842. (Compares aussi *Murchison on the geol. structure of the Ural*, p. 34.)

tion astronomique de M. Lemm et du tracé des cartes de la Caspienne de Kolotkin. Dans des côtes si sinueuses il ne faut pas être surpris de ces différences dont nous venons d'indiquer les causes. Il n'y a, selon la carte manuscrite que j'ai suivie dans cette région, que 0° 32' de différence de longitude entre Alexandrovski et l'embouchure de l'Emba, tandis qu'on faisait jusqu'ici l'extrémité du golfe Mortvoi Koultouk de plus de 48' trop orientale. J'ai parlé plusieurs fois dans cet ouvrage de l'incertitude qui règne sur la latitude de Khiva et sur la limite méridionale de la Mer d'Aral. Cette limite est chez le baron de Meyendorf 43°8', chez Zimmermann 43°25', chez Levchine 43°32'. J'ai suivi la carte communiquée par M. le général Perovski en plaçant cette limite de l'Aral par 44°0' et la ville de Khiva par 41°4', ce qui est 19' plus au nord que l'on n'a pu le croire jusqu'ici. Est-il bien sûr qu'une observation astronomique ait été faite à Khiva même? Novo Urgendj est 15' au nord et 30' à l'est de Khiva, Kone Urgendj 1°20' au nord et 36' à l'ouest. J'ai laissé indéterminé le golfe du Karabogas [1], reste du *Golfe Scythique* de Mela et très-important pour l'histoire de l'ancienne bifurcation de l'Oxus. La carte manuscrite n'indique la longueur du Karabogas (de 2° en longitude) que « d'après Muravief », preuve que les relèvements récents n'ont pas été poussés jusqu'à cette latitude.

J'ai également profité des travaux des ingénieurs géographes russes (base de la partie orographique du

[1] Voy. plus haut, t. II, p. 229 et 278.

sud de l'Oural dans la carte de M. Murchison [1]) depuis le parallèle de l'Iremel et la grande sinuosité de la Bielaya jusqu'au parallèle d'Orsk. Là où les arêtes ont une si faible hauteur et commencent à s'étendre en plateau, les chaînons paraissent moins continus que les formations des roches qui, dans le sud de l'Oural, vers les deux pentes, conservent le même caractère jusqu'au-delà d'Orsk, de Gouberlinsk et de cette partie du Iaïk, où la rivière coule de l'est à l'ouest. Je regrette de n'avoir pu étudier un mémoire topographique, probablement très-important que M. Khanikoff a présenté à la Société de Géographie de Londres [2].

Les quatre systèmes hydrauliques qui aboutissent et se perdent dans la steppe des Kirghiz, le *Yan-Yakchi*, le *Bakboulan*, le *Tchoui* et le *Talas*, au N. O. de la chaîne du Thian-chan, sont très-dignes de l'attention des physiciens : ils ne sont nulle part représentés avec détail que dans la carte de l'Empereur Khian-loung. Dirigés tous vers l'occident, ces systèmes de rivières *non développés*, finissent avant d'avoir pu atteindre la grande dépression Aralo-Caspienne. Ils sont opposés dans leur direction au système analogue du Tarim et du Lac Lop au sud du Thian-chan. Ces deux groupes de systèmes hydrauliques marquent mieux que ne pourrait le faire le nivellement barométrique dans des plaines si unies,

[1] C'est par la bienveillante communication de M. de Verneuil que j'ai pu consulter avec fruit une épreuve de la carte dont le titre a été donné dans la note 2 de la page 586.

[2] Murchison, p. 34.

la pente et la contrepente du sol entre les zones de 40°-42° et 44°-47° de longitude. J'ai été longtemps en doute sur l'origine que je devrais donner dans ma carte au Tchoui qui a été traversé en 1800 (je suppose à peu près entre les 68° et 70° de longitude) par MM. Bournachef et Pospolof qui se rendaient à Tachkend placé sur le Sir ou Iaxartès. M. Klaproth, de tous les sinologues d'Europe celui qui a eu la connaissance la plus étendue des géographes chinois, a cru pour le moins jusqu'en 1828 que le Tchouï sortait[1] du Lac Issikoul (Touskoul, Temourtou). Plus tard, dans les années 1834 et 1836, lorsqu'il rédigeait la grande carte de l'*Asie centrale* publiée aux frais du gouvernement prussien, il faisait sortir la rivière Tchouï d'un petit lac *Nogonnour*, à peine de 2 lieues de large et placé 12' au nord de l'Issikoul, sans aucune communication avec ce dernier. Dans l'itinéraire du pélerin bouddhiste Hiuen-thsang, il n'est absolument question, comme nous avons vu plus haut[2], que de rivières qui se jettent dans le Lac Issikoul, qui est le Ta-thsing-tchhi de cet itinéraire du 7e siècle. Il paraît que chez les géographes chinois il a régné la même incertitude sur l'origine du Tchouï. M. Julien a parcouru toute la *Description de la nouvelle frontière* de l'ouvrage *Kin-ting-sin-kiang-tchi-lio* publié sous le règne de l'empereur actuel, et il n'y a pas trouvé le nom de la rivière

[1] Voyez plus haut, t. II, p. 81, et Klaproth, *Mémoires relatifs à l'Asie*, t. II, p. 416, t. III, p. 23.

[2] T. II, p. 2, 3.

Tchouï. Au contraire dans la carte qui accompagne le *Sin-kiang-wai-fan-ki-lio* dont il a déjà été question [1], on voit figurer de la manière la plus distincte le Lac Touskoul (Temourtou) duquel sort, par un canal étroit et élargi considérablement vers le N. O. la rivière Tchouï. A l'extrémité opposée de son cours est écrit *Khochikoul* (Lac de Khochi). Or nous savons par la grande carte de Klaproth que le bassin dans lequel se perd le Tchouï, 3° au nord de Tachkend, porte en différentes langues les noms de *Khochigoul*, Beilegoul, Kabarkoul et Kabankoulak. Parmi les 17 rivières qui sont mentionnées dans le *Kin-ting-sin-kiang-tchi-lio* (liv. I, fol. 57) comme *entrant* au nord dans le Lac Temourtou (Touskoul), M. Julien a signalé la rivière *Kho-chi-gor*. « Il y a certes, dit-il, quelques rapports entre les mots : rivière *Khochikhor* et Lac *Khochigoul* (seulement dans la finale de *Khochikhor* il y a une aspiration qui manque dans la finale de *Khohigoul*). » On dirait que les Chinois eux-mêmes ont été incertains sur ce fleuve parce que pendant une partie de l'année il a peu de courant. Les voyageurs Bournachef et Pospelof rapportent qu'au mois d'octobre il n'y avait pas de courant dutout et que la rivière ne consistait que dans une série de lacs d'eau amère et salée. Au printemps le courant devient très-rapide et le passage du Tchouï est même dangereux. Le nom de Kochikhor (rivière

[1] T. II, p. 336 et 362. La description du Lac Touskoul qui est appelé « très-allongé de l'est à l'ouest et étroit du sud au nord, » se trouve dans le *Sin-kiang*, liv. I, fol. 56.

du Lac Khochigoul) donné au Tchouï *entrant* dans le Lac Touskoul, me paraît indiquer un courant de lac à lac. Au milieu de ces incertitudes, j'ai cependant préféré sur ma carte de l'Asie centrale suivre le tracé de la grande carte de l'empire chinois construite en 1832 et reçue par le gouvernement français (en décembre 1842) par la voie du port de Canton[1]. Dans ce document si précieux pour la géographie du *Si-yu*, le Tchouï sort de l'extrémité la plus occidentale du Lac Issikoul. J'ai plus de doute encore sur le cours du Syr (Sihoun, Iaxartès) et la grande sinuosité que suit cette rivière au-dessous de Khodjend, sinuosité de laquelle approche le plus le Lac Telekoul. J'ai suivi pour cette contrée la carte de Khian-loung. Quant aux positions de Tachkend même, de Khodjend et Kokand, il existe parmi les géographes modernes une incertitude que j'ai déjà signalée ailleurs[2]. Je m'arrête au moins pour les latitudes, aux observations astronomiques du Père Félix Arocha qui a pour Kokand 41°23', pour Tachkend 43°3'. Khodjend est le plus douteux. Waddington[3] le place 41°5', mais il fait Kokand d'un demi-degré plus

[1] Le titre de cette carte, examinée par MM. Julien et Edouard Biot est : « Carte géographique de l'Empire Chinois, sous le règne des empereurs Khang-hi et Khien-long. » Elle est de la 12e année de Tao-Kouang, monté sur le trône en 1821.

[2] T. II, p. 383.

[3] On the construction of the Map of Ferghana, dans *Mem. of Sultan Baber*, p. LXV. Avant Grimm, la carte de Waddington place déjà Tachkend par lat. 42°8', un degré de moins que n'admet le P. Arocha.

boréal que Khodjend, ce qui n'est aucunement probable et qui est même très-contraire au tracé de la carte pour le Voyage de Burnes.

J'ai placé Bokhara que Jenkinson faisait 39°10', avec Burnes[1] qui y a observé la culmination de quelques étoiles, 39°43'41". C'est 19' de plus qu'indique le Major Rennel. Il est bien à regretter que de deux beaux manuscrits d'Oloug Beg, conservés à Paris, et que M. Reinaud a bien voulu examiner à ma prière, l'un, le persan, n° 164, a 39°50', l'autre, l'arabe, n° 2460, seulement 39°36'. On trouve dans Alfaras 39°20', dans Albirouni 39°30', dans Nasir Eddin 39°0'. Pour Samarcande, les *variantes leçons* sont malheureusement plus nombreuses encore. Je ne cite toujours que d'après une notice communiquée par mon illustre confrère M. Reinaud. « La Géographie d'Aboulfeda, texte arabe, p. 492, porte : latitude de Samarcande, d'après le *Ketab-alathoual par Alfares* 40°, d'après le *Resm* 37°30', d'après le *Canoun d'Albyrouny* 40°0'. Le manuscrit persan n° 164 d'Oloug Beg[2] porte 39°37', le manuscrit arabe n° 2460 porte 39°31', mais le manuscrit n° 173 a 40°9'. Des itinéraires rendent en effet très-probable que la latitude de Samarcande est plus grande que 39°52', plus conforme au texte du manuscrit n° 173. Qu'il

[1] *Travels into Bokhara*, t. III, p. 129.

[2] Le chiffre 39°37' est aussi rapporté dans le troisième volume des Petits Géographes de Grævius. Je le retrouve dans les Mémoires du Sultan Baber (p. 51), là où il parle des 8 grands Observatoires du monde. Les manuscrits n°s 164, 173 et 2460 sont conservés à la Bibliothèque du Roi (à Paris).

est à désirer que bientôt une observation astronomique soit faite à Samarcande par un voyageur dont l'habileté puisse inspirer de la confiance. Le manque d'harmonie que présentent les divers manuscrits nous laisse en doute sur le résultat d'observations faites jadis à l'aide d'instruments d'une prodigieuse grandeur. A ces incertitudes que nous venons de signaler s'ajoutent encore celles qui naissent pour les longitudes, moins du manque d'accord dans les manuscrits arabes et persans, que du mode particulier et bizarre de fixer le premier méridien. La publication du Traité d'Aboul-Hhassan [1], un passage important d'Aboul-Feda signalé par M. Reinaud [2] et une lettre de Christophe Colomb à la reine Isabelle [3] ont contribué presque simultanément à fixer l'attention sur la *Coupole d'Arine* comme point de départ dans les tables de longitudes du moyen-âge. En faisant pendant six ans des recherches très-assidues sur le système alors si peu éclairci de *Khobbet-Arine*, j'ai trouvé quelques textes que je vais consigner à la fin de cette notice, comme jetant de la lumière sur un problème d'érudition historique.

Christophe Colomb, en faisant allusion à la théorie de la non sphéricité du globe, oppose la figure irrégu-

[1] Voyez les remarques de M. Am. Sedillot dans le *Traité des Instruments astronomiques des Arabes*, t. I, p. 318; t. II, p. I-IV.

[2] *Aboul-Feda*, éd. de MM. Reinaud et Slane, p. 7 et 10.

[3] Humboldt, *Examen critique*, t. III, p. 64. Le mot arya, selon Silvestre de Sacy et M. Freitag, n'est pas arabe et signifie (Not. et Man. de la Bibloth. du Roi, t. X, p. 39) *le juste milieu*, une moyenne de température, d'humidité ou d'étendue.

fière de l'hémisphère occidental et atlantique où une éminence (*colmo ò pezon de la pera*) vers laquelle « de très-loin s'élève doucement la surface des mers, » marque la *fin de l'Orient*, à cet hémisphère oriental et indien anciennement connu de Ptolémée « entre le Cap St-Vincent et Cangara près des Seres. » *El hemisphario del qual habla Tolomeo tiene el centro en la Isla de Arin què debaxo la linea equinocial entre el Sino Arabico y aquel de Persia*[1]. Il est très-probable que Christophe Colomb a puisé cette notion de la *Coupole d'Arine* dans les ouvrages du cardinal d'Ailly qui, comme je l'ai prouvé ailleurs[2], ont exercé une si grande influence sur ses projets, quoique ces ouvrages ne fussent pour ainsi dire que le reflet de l'*Opus majus* de Roger Bacon.

« *Meridianus vero latus Indiæ*, dit l'érudit cardinal d'Ailly[3] : *descendit a tropico Capricorni* (?) *et secat equinoxialem circulum apud montem Malcum et regionis ei conterminas et transit per Syenem quæ nunc Arym vocatur. Nam in libro cursuum planetarum dicitur quod duplex est Syene, una sub solstitio de qua superius, alia sub æquinoxiali circulo de qua nunc est sermo, et hanc est civitas Arym quam ponunt mathematici in medio habitationis sub equinoxiali et distat æqualiter ab oriente et occidente, septentrione et meridie.* » (Allyacum, *Imago Mundi*, cap. XV, rédigé en 1410.)

[1] Navarrete, *Coleccion de los viages y descubrimientos de los Españoles*, t. I, p. 256. et Hernando Colon, t. IV, p. 337

[2] *Examen critique*, t. I, p. 60-70.

[3] *Petrus de Aliaco*, aussi *de Aylliaco*, *Pedro de Heliaco*, évêque de Cambrai depuis 1396. Le cardinal d'Ailly écrit toujours *arym* et non *aria*.

« *Secundum quosdam Astrologos* (dit encore le Cardinal) *usque ad equinoctialem habitatur* : et *sub eo est Arym civitas æque distans ab oriente occidente, septentrione et meridie.* » (Allyacus in *Epil. Mappæ Mundi, art. de figura terræ.*) La position de la *ville* d'Arym doit donc servir de preuve que les grandes chaleurs ne rendent pas inhabitable la région voisine de la ligne, c'est une *Syène* équatoriale. Colomb en fait une île, parce qu'il a des idées plus précises sur l'extension de l'Afrique vers l'est.

Le passage le plus instructif que j'aie trouvé est celui des *Tables Alphonsines*. Je le transcris d'après l'*editio princeps* de « 1483 de l'ère chrétienne ou 7681 de la création du monde. » Vers la fin des *Tables Alphonsines* on lit : « *Tabula lat. et long. civitatum* (146) *ab occidente habitate.* » Les Iles Fortunées y sont indiquées par long. *zéro*, et l'auteur ajoute : « *Scito quod astrologi accipiunt dupliciter occidens, occidens habitatum* (*a loco extremæ habitationis*) *et istud distat* 72°30' *a civitate quæ est sub linea æquinoctiali et distat* 90° *ab oriente. Alio modo accipiunt occidens in loco versus occidentem distante addita civitate Arim* 90° *et istud vocant occidens verum, nam ab illo loco usque ad orientem sunt gradus* 180 *qui sunt media pars circuli. Occidens verum est ultra occidens habitatum* 17°30'. » (*Alfontii, Castellæ Regis illustrissimi, cœlestium motuum Tabulæ. Impr. Erhard. Ratdolt Augustensis mira sua arte, anno sal.* 1483.)

Aussi Madrignano, dans l'*Itiderarium Portugalensium* (1508) fait allusion à *Khobbet-Arine* sans le nommer distinctement. Il raconte que *Jafredus*, président du Dauphiné, chancelier du Milanais, le conduisit dans

son étude et le plaça devant une mappemonde représentant *universum orbem in membranis elegantissime depictum*, et ayant à droite le midi, à gauche le septentrion. Dans une dédicace il fait parler Jafredus : « *Devenisti tandem ad sinum persicum et ubi paululum immoratus iussisti ut attentius tuum sermonem observarem; inquens illic esse totius orbis umbilicum : et ut majorem adhiberem tuis verbis fidem, protinus duxisti ab Fortunatis insulis lineam parallelam per Syenem usque ad extrema Indiæ, rursum alteram lineam ab aquilone in austrum ducens, re ipsa demonstravisti ubi dictæ lineæ coincidissent fecissentque angulos rectos et æquales, ibi procul dubio umbilicum fore Universi.* » (*Itinerarium Portugalensium e Lusitania in Indiam et inde in occidentem et demum ad aquilonem*, fol. 5.) Il est assez extraordinaire qu'Edrisi, dont l'ouvrage est de l'année 1154, ne connaisse pas le nom d'Arine.

J'écrivis en 1837 à M. Sedillot : « Plus nous réunissons de textes et plus la longitude de *Khobbet-Arine* devient obscure ; c'est un peu honteux pour nous, car nous ignorons ce qui, du temps de Christophe Colomb, était encore dans la mémoire de tous les peuples d'Occident, nourris de l'érudition des Arabes. » M. Sedillot vient d'ajouter au mérite qu'il s'était acquis d'avoir éclairci des points importants de l'Astronomie orientale, le mérite d'approfondir avec érudition le problème du premier méridien des Arabes. Au moment où je termine mon ouvrage, paraît son excellent *Mémoire sur les Systèmes géographiques des Grecs et des Arabes*.

DÉCOUVERTE D'UNE MASSE D'OR NATIF

DE 36 KILOGRAMMES

DANS L'OURAL MÉRIDIONAL.

En plusieurs endroits de mon ouvrage (t. I, p. 491, 497, 511 et 525), il a été question des riches alluvions de Tzarevo-Alexandrovski près de Miask, dans l'Oural méridional, où, pendant le séjour de l'Empereur Alexandre, une pépite d'or de 10 kilogrammes fut trouvée. Son poids était cependant de 4 ½ kil. inférieur au fameux *grano de oro* de l'île d'Haïti, dont tous les écrivains de la *Conquista* ont parlé et qui tomba, dans le naufrage de Bobadilla, au fond de l'Océan le 29 juin 1502, non près du cap Beata, comme dit Oviedo, mais près du cap Engaño, le plus oriental d'Haïti. (Voyez mon *Examen critique de la Géographie*, t. III, p. 331.) Dans les Alleghanys (comté d'Anson, Caroline du nord), selon l'assertion d'un voyageur intelligent, M. Köhler, il a même été trouvé, en 1821, dans une alluvion que couvrait le *grauwacke*, une pépite de 21 $\frac{7}{10}$ k. inférieure encore, *à ce que l'on dit*, au poids d'une pépite que possède le sultan de Sambas à Bornéo.

Dans le même site où, en 1826, fut découverte la masse d'or natif de 10 $^{kil.}$,118 (24 livres russes et 68 zolotniks), on a trouvé, au mois de novembre 1842, une masse de 36 $^{kil.}$,020 qui est déjà déposée au Corps impérial des Mines de St-Pétersbourg. Voici l'extrait d'une notice que M. de Kokcharoff, minéralogiste instruit et zélé qui a accompagné M. Murchison, M. de Verneuil et le comte de Keyserling dans leur expédition à la chaîne de l'Oural, m'a fait l'amitié de me communiquer, en consultant le *Journal officiel* (russe) *des Manufactures et des Arts*, du 9 déc. 1842. « Les alluvions aurifères de Tzarevo-Nikolaefsk et de Tzarevo-Alexandrofsk qui déjà avaient fourni un produit de 400 pouds (6552 kil.), semblaient s'épuiser dès l'année 1837 : on commença de nouvelles explorations à proximité, surtout au ruisseau Tachkou-Targanka, ce qui amena bientôt la dé-

couverte d'un gîte de sables aurifères d'une *teneur* fort riche, mais très-circonscrit dans son étendue. Ce gîte rapidement exploité, on fit écouler les eaux d'un étang qui avaient servi au *lavage* des sables et l'on entreprit des recherches au fond de l'étang. Ces recherches offraient des alluvions de plus de 8 zolotniks en 100 pouds. Toute la vallée de Tachkou-Targanka fut exploitée à l'exception de l'emplacement sur lequel étaient construites les *usines de lavages*. En 1842, on résolut de détruire ces usines mêmes, et après avoir lavé des couches d'une richesse prodigieuse, renfermant dans une petite étendue, jusqu'à 70 zolotniks en 100 pouds de sables, on découvrit, le 7 novembre 1842, sous l'angle même de l'édifice, à trois mètres de profondeur, reposant sur un strate de diorite, la *pépite-monstre* pesant 36$^{kil.}$,020 (2 pouds 7 livres russes et 92 zolotniks). »

La masse a une surface ondulée; elle est un peu poreuse et dépourvue de toute gangue. La plus grande pépite de platine trouvée jusqu'ici dans les alluvions platinifères de Nijni-Taguilsk pèse 8$^{kil.}$,330 (20 livres russes et 34 zolot.). Comparez Rose, *Reise nach dem Ural, dem Altaï und dem Kaspischen Meere*, t. I, p. 41; t. II, p. 39. Le poud égale 16$^{kil.}$,38069 d'après M. Kupffer.

QUANTITÉ D'OR EXPLOITÉ DANS L'EMPIRE DE RUSSIE EN 1842.

Il a été dit plus haut (t. III, p. 517) que les alluvions seules de la Sibérie à l'est de l'*Oural* pourraient bientôt atteindre le produit de 500 pouds. D'après des nouvelles officiellement recueillies jusqu'au commencement de décembre de l'année 1842, ces alluvions sibériennes ont effectivement rendu, dans le courant de l'année 1842, plus de 479 pouds (7846 kil.) Le produit total de l'or en Russie se sera probablement élevé dans la même année à 970 pouds (15889 kilogrammes).

NOTICE HISTORIQUE

DU

VOYAGE DE M. DE HUMBOLDT

EN SIBÉRIE.

Lorsqu'un voyageur publie un *ouvrage descriptif*, il importe au lecteur de pouvoir distinguer les résultats de l'observation directe et personnelle des résultats qui sont dus à la seule combinaison des faits, à la discussion de l'ensemble des notions acquises, par la suite des siècles, sur la vaste étendue de tout un continent. Cette distinction, je pense, est également utile au lecteur qui n'accorde sa confiance qu'avec une judicieuse circonspection, et au voyageur qu'elle justifie lorsque les erreurs qu'il a commises tiennent au manque de précision dans des observations qui ne lui appartiennent pas. S'il était permis d'invoquer ici le souvenir d'une grande et impérissable célébrité, je rappellerais combien il est à regretter que Marco Polo ait pris à tâche de confondre dans son récit ce qu'il a pu voir lui-même et ce qui paraît dû soit à des ouvrages descriptifs que nous ne con-

naissons pas encore[1], soit à des communications faites dans des lieux voisins de son séjour.

La relation historique de mon Expédition en Sibérie a été rédigée en allemand[2] par un de mes compagnons de voyage, M. Gustave Rose. Je ne crains pas d'être démenti par des savants profondément initiés dans les sciences, en disant que l'ouvrage de M. Rose, riche en observations fines et neuves de cristallographie et de minéralogie chimique, a répandu aussi une vive lumière sur la géologie de l'Asie boréale. C'est le fruit le plus utile, *le résultat* scientifique le plus important du voyage dans lequel j'ai pu m'associer aux travaux de deux amis si dévoués et dont l'un avait déjà parcouru la Syrie, l'Egypte et la Nubie. Comme la relation historique de l'expédition de Sibérie n'est jusqu'ici accessible qu'au plus petit nombre de mes lecteurs français, j'emprunterai une courte notice de mon voyage à l'analyse des

[1] Voyez plus haut, t. II, p. 395.

[2] *Reise nach dem Oural, etc.* c'est-à-dire *Voyage à l'Oural, à l'Altaï et à la Mer Caspienne, fait d'après les ordres de S. M. l'Empereur de Russie, en* 1829, *par A. de Humboldt, G. Ehrenberg et G. Rose.* Partie minéralogique et géologique offrant en même temps la *Relation historique du voyage* par G. Rose. 2 vol. (1837 et 1842).

Travaux de l'Académie des Sciences pendant l'année 1830, publiée par M. Cuvier, un des secrétaires perpétuels de l'Institut. Je ne me suis permis que le changement de quelques chiffres qui n'étaient pas conformes aux observations les plus récentes.

« Dans une des séances du mois d'octobre, M. de Humboldt, un des huit Associés étrangers de l'Académie des Sciences, a passé rapidement en revue les résultats principaux du voyage qu'il a fait, sous les auspices de S. M. l'Empereur de Russie, conjointement avec MM. *Ehrenberg* et *Gust. Rose*, aux mines d'or et de platine de l'Oural, aux mines d'argent de l'Altaï, aux frontières de la Dzoungarie chinoise et à la mer Caspienne. Pendant une seule année (celle de 1829), quatre expéditions scientifiques très-remarquables ont été entreprises dans cette partie de l'Ancien Continent : celle de M. de Humboldt en Sibérie, celle de M. *Parrot* fils au sommet de l'Ararat, qu'il a trouvé couvert de masses d'obsidienne, et de 405 mètres plus élevé que le Mont-Blanc; celle de M. *Kupffer* à la montagne trachytique d'Elbroux dans le Caucase, qui atteint à la hauteur de 5637 mètres; enfin le grand voyage de MM. *Hansteen*, *Due* et *Adolphe Erman*, entrepris dans le but de déterminer les lignes magnétiques depuis Pétersbourg jusqu'au Kamtchatka. »

« M. de Humboldt s'est embarqué à Nijni-Nowgorod sur le Volga, pour descendre à Kasan et aux ruines

tartares de Bolgari. De là il est allé, par Perm, à Ekatherinenbourg, sur la pente asiatique de l'Oural, vaste chaîne composée de plusieurs rangées presque parallèles, dont les plus hauts sommets atteignent à peine seize à dix-sept cents mètres, et qui suit, comme les Andes, depuis les formations tertiaires voisines du Lac Aral jusqu'aux roches de grünstein voisines de la Mer Glaciale, presque la direction d'un méridien. M. de Humboldt a visité, pendant un mois, les parties centrales et septentrionales de l'Oural, célèbres par de riches alluvions qui contiennent de l'or et du platine, les mines de malachite de Goumechevskoi, la grande montagne magnétique de Blagodad, les fameux gisements de topaze et de béryl de Mourzinsk. Près de Nijni-Taguilsk, contrée que l'on peut comparer au Choco de l'Amérique du Sud, on a trouvé une pépite de platine du poids de huit kilogrammes. D'Ekatherinenbourg, le voyage se dirigea par Tioumen à Tobolsk sur l'Irtyche, et de là par Tara, la steppe de Baraba, redoutée à cause de la piqûre d'innombrables insectes de la famille des tipules qui y abondent, à Barnaoul sur les rives de l'Ob, au lac pittoresque de Kolyvan et aux importantes mines d'argent du Schlangenberg, de Riddersk, et de Zyrianovski, placées sur la pente sud-ouest de l'Altaï, dont le plus haut sommet, appelé par les Kalmuks *Iyictou* (montagne de Dieu), ou *Alastou* (montagne pelée), atteint presque l'élévation du Pic de Ténériffe. La production annuelle en argent des mines de Kolyvan est de 17,000 kilogrammes ou 70,000 marcs. En se dirigeant de Riddersk au sud vers la petite

forteresse d'Oust-Kamenogorsk, MM. de Humboldt, Ehrenberg et Rose passèrent par Boukhtarminsk à la frontière de la Dzoungarie chinoise; ils obtinrent même la permission de franchir la frontière pour visiter le poste mongol de Baty ou Khoni-mailakhou, point très-central de l'Asie (au nord du lac Dsaïsang), qui se trouve, d'après les déterminations chronométriques de M. de Humboldt, par les 81° ½ de longitude, par conséquent presque dans le méridien de Benares.»

« En retournant de Khoni-maïlakhou à Oust-Kamenogorsk, les voyageurs virent sur les rives solitaires de l'Irtyche, par une longueur de plus de cinq mille mètres, le granite divisé en bancs presque horizontaux et épanché sur un schiste dont les lits sont en partie inclinés de 85°, en partie entièrement verticaux. Du fortin d'Oust-Kamenogorsk, on longea la steppe de la Horde Moyenne des Kirghiz, par Semipolatinsk et Omsk, par les lignes des Cosaques de l'Ichim et du Tobol, pour atteindre l'Oural méridional. C'est là que près de Miask, sur un terrain de peu d'étendue, à quelques pouces sous terre, on a trouvé, en 1826, trois *pépites* d'or natif, dont deux avaient le poids de 6 et la troisième de 10 kilogr. Les voyageurs longèrent l'Oural méridional jusqu'aux belles carrières de jaspe vert près d'Orsk, où la rivière poissonneuse du Iaïk brise la chaîne de l'est à l'ouest; de là ils se dirigèrent par Gouberlinsk et Orenbourg, ville qui, malgré son petit éloignement de la mer Caspienne, se trouve pourtant déjà de 37 t. au-dessus du niveau de l'Océan, d'après les mesures barométriques faites, pendant une année entière, par

MM. Hofmann et Helmersen. Ils visitèrent la riche mine de sel gemme d'Iletsk, isolée dans la steppe de la Petite Horde des Kirghiz; le chef-lieu des Cosaques d'Ouralsk, qui, munis de crochets, prennent de nuit, de leurs mains, en plongeant, des esturgeons de 4 pieds ½ à 5 pieds de long; les colonies allemandes du Gouvernement de Saratow sur la rive gauche du Volga; le grand lac salé d'Elton, dans la steppe des Kalmuks : ils se rendirent par Sarepta (belle colonie des Frères Moraves), à Astrakhan. Le but principal de cette excursion à la Mer Caspienne, était l'analyse chimique de l'eau que devait faire M. Rose, l'observation des hauteurs barométriques correspondantes à celles d'Orenbourg, de Sarepta et de Kasan; enfin la collection des poissons de cette mer intérieure, pour enrichir le grand ouvrage sur les poissons de MM. Cuvier et Valenciennes. En effet, le Muséum d'Histoire Naturelle du Jardin des Plantes a reçu, par M. Ehrenberg, plus de 30 espèces de la Mer Caspienne et de différents fleuves de la Russie européenne et asiatique. Les poissons du Lac Baïkal ont été demandés par M. de Humboldt. D'Astrakhan, les voyageurs retournèrent à Moscou et à St-Pétersbourg par l'isthme qui sépare le Don et le Volga près de Tichinskaya, par le pays des Cosaques du Don, par Woroneje et Toula. »

J'ajouterai à cet extrait du Rapport de M. Cuvier les *dates de mon itinéraire*. Comme le but principal de l'expédition était l'observation de la constitution géologique du sol et de ses richesses métalliques, ces dates prouveront, je l'espère, que le travail astronomique, hypso-

métrique et magnétique a été aussi assidu que pouvaient le permettre la rapidité du voyage, l'épuisement des forces et le soin que demandait la conservation des collections. Les citations des pages ont rapport à l'ouvrage allemand de M. Gustave Rose.

Départ de S.-Pétersbourg 20 mai 1829, arrivé à la petite chaîne du Valdaï dans la nuit du 21, séjourné au lac et à Popova Gora jusqu'au 22, arrivé à Moscou le 24 mai. (Rose, t. I, p. 60-80.)

Départ de Moscou le 28, par Vladimir et Mourow à Nichni Novgorod le 31, descendu le Volga pour arriver dans la nuit le 4 juin à Kazan. Excursion aux ruines mongoles de l'ancienne capitale de Bolgari (Boulghar) du 5 au 7 juin. (Rose, t. I, p. 81-108.)

Départ de Kazan le 9, par Verkhni Moulinsk à Perm le 13, puis par Koungour, Bilembaïevsk et Chaitanskoi Zavod à Ekatherinenbourg sur la pente asiatique de la chaîne de l'Oural le 15 juin. (Rose, t. I, p. 109-130.)

Vu les 16 et 17 juin les travaux du grand établissement impérial (*Steinschleiferei*) dans lequel on taille les topases, les béryls et les améthistes, les alluvions aurifères de Chabrovskoi, la carrière de silicate de manganèse (rhodonite) et l'usine de fer de Nijni Isetsk. (Rose, t. I, p. 131-175.)

Excursion d'Ekatherinenbourg à Beresovsk au Lac Tchartache du 18-20 juin, à Polefskoi et Goumetchefskoi du 22-24. (Rose, t. I, p. 176-278.)

Départ d'Ekatherinenbourg pour le nord de l'Oural le 25 juin. Arrivée par Pichminsk et Nevinsk à Nijni

Taguilsk (établissements de MM. de Demidoff) le 27; entré dans la mine à 9 heures du soir, visité les alluvions de platine de Sukho-Vissim et Roublovskoi, monté à Belaya Gora et parti de Nijni-Taguilsk le 30 juin par Kouchva, Laya, Blagodat et Nijni-Tourinsk pour atteindre Bogoslovsk. (Rose, t. I, p. 279-385.)

Séjour à Bogoslovsk du 4-6 juillet, puis par Verkhotourié et Alopaïevsk à Moursinsk, où nous entrâmes de nuit dans les mines de topases et de béryls. (Rose, t. I, p. 386-470.)

Revenu à la ville d'Ekatherinenbourg par Chaitansk le 11 juillet, parti pour Tobolsk le 18, arrivant par Tiumen le 20. De Tobolsk (du 24 juillet au 2 août) par le couvent d'Abalak, par Tara, la steppe de Barabinsk, et Kainsk à Barnaoul. (Rose, t. I, p. 471-502.)

Départ des usines de Barnaoul le 4 août dans la nuit: arrivé par la grande steppe de Platofskoi au Lac pittoresque de Kolivan et de là au Schlangenberg dans l'Altaï le 6 au matin. Entré la nuit dans la mine. Le 7 août à Koliwanskoi Zavod (*Steinschleiferei*) où l'on taille et polit les porphyres rouges, les granites, les diorites et les aventurines de Bielorezkaya (Rose, t. I, p. 503-569.)

Départ du Schlangenberg le 9, arrivé par les mines de Ridderski et Kroukofskoi à Oust-Kamenogorsk le 13 août. Excursion botanique de M. Ehrenberg au mont Prokhodnoi-Bielok. (Rose, t. I, p. 570-577.)

D'Oust-Kamenogorsk à Boukhtarminsk le 13 août, de là à la mine de Zyrianovskoi et au poste chinois de Khoni-mailakhou au nord du Lac Daaisang. Descente.

de l'Irtyche en bateau, de Boukhtarminsk à Oust-Kamenogorsk le 19 août. (Rose, t. I, p. 578-610.)

D'Oust-Kamenogorsk à Semipolatinsk et de là par la steppe d'Ichim et par Omsk à Petropavlovsk et à Troizk, du 20 août au 2 septembre. (Rose, t. II, p. 1-17.)

De Troizk par Kloutcheskaïa à Miask dans l'Oural méridional. Séjour dans les alluvions aurifères de Miask, où en novembre 1842 on a trouvé une pépite d'or natif, pesant 36 kilogammes.

Excursion au Lac d'Ilmen, à Slatoust, à la montagne du Grand Taganay, à Soimonovsk et Kichtym, du 3-16 septembre. (Rose, t. II, p. 18-161.)

De Miask à Orenbourg par Verkhni-Ouralsk, Kisilskaïa, Orsk et Gouberlinsk, du 17-21 septembre. (Rose, t. II, p. 162-197.)

Excursion d'Orenbourg à la mine de sel gemme d'Ilezkaïa Zastchita, dans la steppe des Kirghiz de la Petite Horde, du 22-25 septembre. (Rose, t. II, p. 198-212.)

Départ d'Orenbourg le 26 septembre pour Ouralsk, Samara, Volsk, les colonies allemandes d'Ekaterinenstadt à Saratov, le 4 octobre. De Saratov par Doubovka au Lac Elton et par Tsaritsyn à Sarepta, mission des Frères Moraves dans la steppe des Kalmouks, le 9 octobre. (Rose, t. II, p. 213-280.)

De Sarepta à Astrakhan, aux bouches du Volga et à la Mer Caspienne, du 10-20 octobre. Excursion sur la mer dans le bateau à vapeur de Ievreinoff. (Rose, t. II, p. 281-331.)

D'Astrakhan par Semïnovskaïa à Toumenievka, la résidence du prince kalmouk Sered-Djab-Toumeniev, renfermant un magnifique temple bouddique (Rose, t. II, p. 332-344), et de là par Sarepta aux rives du Don, près de Staniza Tichanskaïa, puis à Woronedje, Toula, Moscou et St-Pétersbourg, du 21 octobre au 13 novembre 1829. (Rose, t. II, p. 341-416.) L'expédition pendant laquelle nous avons eu l'avantage d'être accompagnés par M. de Menchenine, officier supérieur dans le corps Impérial des Mines (*Asie centrale*, t. II, p. 134), était partie de Berlin le 12 *avril*; elle est revenue le 28 décembre, après une absence de presque 9 mois et après avoir parcouru dans un si court espace de temps, une étendue de 4200 lieues communes de France de 25 au degré.

FIN DU TROISIÈME ET DERNIER VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME TROISIÈME.

RECHERCHES DE CLIMATOLOGIE.

Température et état hygrométrique de l'air dans quelques parties de l'Asie et particulièrement dans la Russie asiatique. — Considérations générales sur les climats de l'Asie et de l'Europe comme effet de configuration et de hauteur, p. 1-22. — L'Europe est un prolongement péninsulaire de l'Asie. Effets physiques de cette configuration. *Articulation* des continents. Rapport entre l'étendue des côtes et l'*area* de l'intérieur de l'Asie. Météorologie asiatique. Sibérie, p. 23-43. — Comparaison avec la côte N. O. de l'Amérique. Contrastes de climats d'Ounalachka et de Iakoutsk. Bords de la Kolima. Ustjansk. Nouvelle-Zemble, p. 44-50 et p. 92-95. — Limite des arbres, p. 53 et 54.

Saint-Pétersbourg. — Comparaison des températures de Paris, Berlin et Saint-Pétersbourg, p. 55-58.

Moscou, p. 59-61 et 552-554.

Kazan, p. 62-67 et 555.

Montagnes de l'Oural. — Ekatherinenbourg. Slatoust, p. 68-77. — Comparaison avec Péking. Importance de l'établissment d'un *Observatoire de Physique* (central) qui pourrait être établi à St-Pétersbourg, p. 75-78.

Aperçu des climats méridionaux de l'Asie. — Les

lignes isothermes deviennent plus parallèles à l'équateur à mesure qu'on avance vers le sud, p. 78-85.

Sécheresse de l'air, p. 85-90.

Terrains congelés — Température de la terre à de hautes latitudes. Ossements fossiles d'animaux des tropiques. Des tigres entièrement semblables aux tigres des Grandes Indes, parcourent encore aujourd'hui des parties de la Sibérie qui sont placés sous le même parallèle que les villes de Hambourg et de Berlin, p. 91-102.

Mémoire sur les causes des inflexions des lignes isothermes. — Considérations théoriques. Causes réfrigérantes et causes calorifiantes. Pouvoirs absorbants et émissifs, p. 103-114. — Causes *perturbatrices* qui altèrent le parallélisme primitif des lignes *isothermes*. Effets qui se détruisent ou se *superposent*, p. 115-125. — Examen des éléments numériques qu'emploie la Météorologie en cherchant les températures moyennes des jours, des saisons, de l'année, p. 126-134. — Sol. Position relative des masses opaques et diaphanes. Configuration des continents soit par masses continues, soit par *articulations* péninsulaires. Climats des côtes et des îles, p. 135-156. — Action *directe* des rayons solaires. Influence de cette action sur la maturité des fruits et la direction des lignes de culture. Vigne ; tableau des cultures de la vigne selon la distribution d'une même quantité de température annuelle entre les différentes saisons. Limites de la culture par rapport à la production d'un vin potable, p. 157-160. — Orientation des masses continentales, p. 161-164. — Influence des mers. Air continental. Air qui repose

sur l'Océan, p. 161-178. — Différence entre les deux hémisphères, p. 179-183. — Côtes orientales et occidentales. Europe et partie atlantique des Etats-Unis. A quelles latitudes géographiques correspond un même degré de température annuelle sur la côte orientale de l'Amérique du nord et la côte occidentale de l'Europe, p. 179-190. — Etat de la surface du sol. Déserts. Région des graminées. Action des forêts par l'abri contre l'action solaire, l'évaporation et le rayonnement, p. 191-208. — Montagnes considérées comme des *récifs* ou *haut-fonds* dans l'océan aérien, p. 209-213. — Loi du décroissement du calorique dans les couches superposées de l'atmosphère, comparé au décroissement du calorique relatif au changement de latitude dans les plaines. Effet des plateaux. Tableau indiquant les climats de 0' à 2500 t. de hauteur dans la Cordillère des Andes et au Mexique par les 17° et 21° de latitude, p. 214-232. — Epoque à laquelle on a commencé à avoir des idées précises sur la limite des neiges perpétuelles et la différence de hauteur qu'offre cette limite en avançant vers l'équateur, p. 233-251. — Neiges perpétuelles *a*) dans la zone torride depuis l'équateur jusqu'à 8° de latitude boréale (Quito, Puracé, Tolima, Sierra Nevada de Merida), p. 252-266. — *b*) Dans la zone torride de 13° à 19° de latitude boréale (Abyssinie et Mexique), p. 267-271. — *c*) Dans la zone torride de 14° à 18° de latitude australe (Cordillère orientale et occidentale de Bolivia), p. 272-280. — *d*) Dans la zone tempérée de 30° ½ à 32° de latitude boréale (Himalaya et Hindou-Kho. Hauteur moyenne du

plateau tubétain), p. 281-327. — *e*) Dans la zone tempérée de 37° ½ à 43° de latitude boréale (Bolor, Argæus, Ararat, Elbrouz du Caucase, Pyrénées), p. 328-332. — *f*) Dans la zone tempérée de 41° à 43° de latitude australe (Andes du Chili), p. 333-334. — *g*) Dans la zone tempérée de 45° à 57° de latitude boréale (Alpes, Altaï, Ounalachka, Kamtchatka), p. 335-336. — *h*) Dans la zone tempérée de 53° à 54° de latitude australe (détroit de Magellan), p. 337 et 338. — *i*) Dans la zone froide de 59° à 71° de latitude boréale (chaînes de l'Oural et d'Aldan, Norwège, Islande), p. 339-343. — Résultats généraux sur la limite des neiges, p. 344-348. — Température de l'Océan, p. 349-359.

Routiers de l'Asie centrale :

A) Première série.

De Semipolatinsk à Kachghar, p. 362-371.

De Kachghar à Yarkand, p. 372.

De Yarkand à Kachmir, p. 373-379.

De Semipolatinsk à Tachkend et Kokand, p. 380-389.

Du Thoui à Turkestan, p. 390.

De Semipolatinsk à Kouldja, p. 391-397.

Du fleuve Ili à Ouch-Tourpan et Aksou, p. 398-401.

D'Aksou à Kachghar, p. 402-403.

De Semipolatinsk à Tchougoutchak, p. 404-407.

De Kouldja à Aksou, p. 408-410.

B) Deuxième série.

De Semipolatinsk à Tchougoutchak et Kouldja, p. 411-418.

De Semipolatinsk à Khobdo-Khoto, p. 419-421.

Fragment d'un routier de Kouldja à Péking, p. 422-430.

De Pétropawlowsk à Kokand et Kachghar, p. 431-435.

Comparaison des distances directes et itinéraires, p. 436-439.

Observations d'inclinaisons magnétiques dans le nord-est de l'Asie et sur les bords de la Mer Caspienne, p. 440-468. — Propositions faites par Leibnitz au Czar Pierre-le-Grand, pour avancer la connaissance du Magnétisme terrestre, p. 469-478.

Notice sur la position astronomique de quelques lieux dans le sud-ouest de la Sibérie, p. 479-490.

Construction de la carte hypsométrique des chaînes de montagnes de l'Asie centrale, qui accompagne cet ouvrage, p. 491-494 et 581-592.

Supplément :

De la bande aurifère qui traverse le nord de l'Asie à l'est de la chaîne de l'Oural, p. 497-512.

Aperçu de la quantité d'or et de platine tirée depuis 1814 jusqu'en 1842, des alluvions de l'Oural et de la Sibérie, p. 513-519.

Eclaircissements sur les diamants de la chaîne de l'Oural, des îles Moluques et du Brésil, p. 520-537.

Discussions hypsométriques, p. 538-548.

Dépression de la Mer Morte, p. 549-551.

Eclaircissements sur le climat de la Russie (Moscou, Kazan et Orenbourg), p. 552-556.

Notice sur le froid éprouvé dans l'expédition de Khiva, en 1840, d'après les observations de M. Vaton de Tchihatchef, p. 557-560.

Température hivernale de Bokhara, observée en 1842, par M. Khanikoff, p. 561-563.

Température de Tiflis et de Smyrne, comparée à la température d'Alger, p. 564-567.

Sécheresse de l'air en Sibérie, comparée à celle de l'air en Allemagne, pendant l'été de 1842, p. 567 et 568.

Zones isothermes de — 18° à + 31°,5 par M. Mahlmann, p. 569.

Fondements de la carte hypsométrique de l'Asie centrale, p. 581-592.

Eclaircissements sur Khobbet-Arine, et le premier méridien des Arabes, p. 593-596.

Découverte d'une masse d'or natif de 36 kilogrammes, dans l'Oural méridional, p. 597.

Quantité d'or exploité dans l'Empire de Russie en 1842, p. 598.

Notice historique du Voyage de M. de Humboldt en Sibérie (dates de l'itinéraire), p. 599-608.

ERRATA.

88, dernière ligne, 25°,3, *lisez* : par une température de 4°,2 jusqu'à 27°,5.

89, l. 1, au lieu de 2^{mm},79, *lisez* : 0^{mm},89 de tension.

140, l. 18, aires, *lisez* : étendues.

183, l. 9, même correction.

188, l. 5, Gothenbourg, lat. 57° 0', *lisez* : 57° 41'.

295, l. 32, Lloyd, p. 320, *lisez* : t. I, p. 320.

491, l. 22, de 1827 à 1331, *lisez* : à 1831.

589, dernière ligne, *lisez* : t. II, p. 23.

AVIS AU RELIEUR.

Indiquant la place que doivent occuper, dans le troisième volume, les quatorze tableaux qui appartiennent à cet ouvrage.

---

pages.

Eléments numériques de la Climatologie de l'empire de Russie. 102

Tableau hygrométrique. 102

Tableau des hauteurs de la limite des neiges perpétuelles. 360

Inclinaison de l'aiguille aimantée, observée en 1829. 440

Trois tableaux, savoir :

I. Kœnigsberg.

II. Ekatherinenbourg.

III. Barnaoul.

Tous les trois. 466

Trois tableaux sur les produits d'or, savoir :

I. Produits annuels de 1827 à 1838.

II. Quantités d'or, de platine et d'argent, de 1823 à 1838.

III. Produits annuels en or de 1839-1842.

Tous les trois tableaux. 518

Les quatre grands tableaux de M. Mahlmann portant le titre de : Distribution de la chaleur dans les deux hémisphères I, II, III, IV, seront placés à la fin du troisième volume, après la table des matières de ce volume et après l'errata.

Un carton de 2 pages, tome I, feuille 4.

Un carton de 4 pages, tome II, feuille 21.

20

12
10
5

UNIV. OF MICH.

19,5 -	
17,7 -	18
18,7 -	11
18,9 -	16
19,6 -	29
20,7 -	14
16,3 Août.	2
22,2 Juill.	4

UNIV. OF MICH.

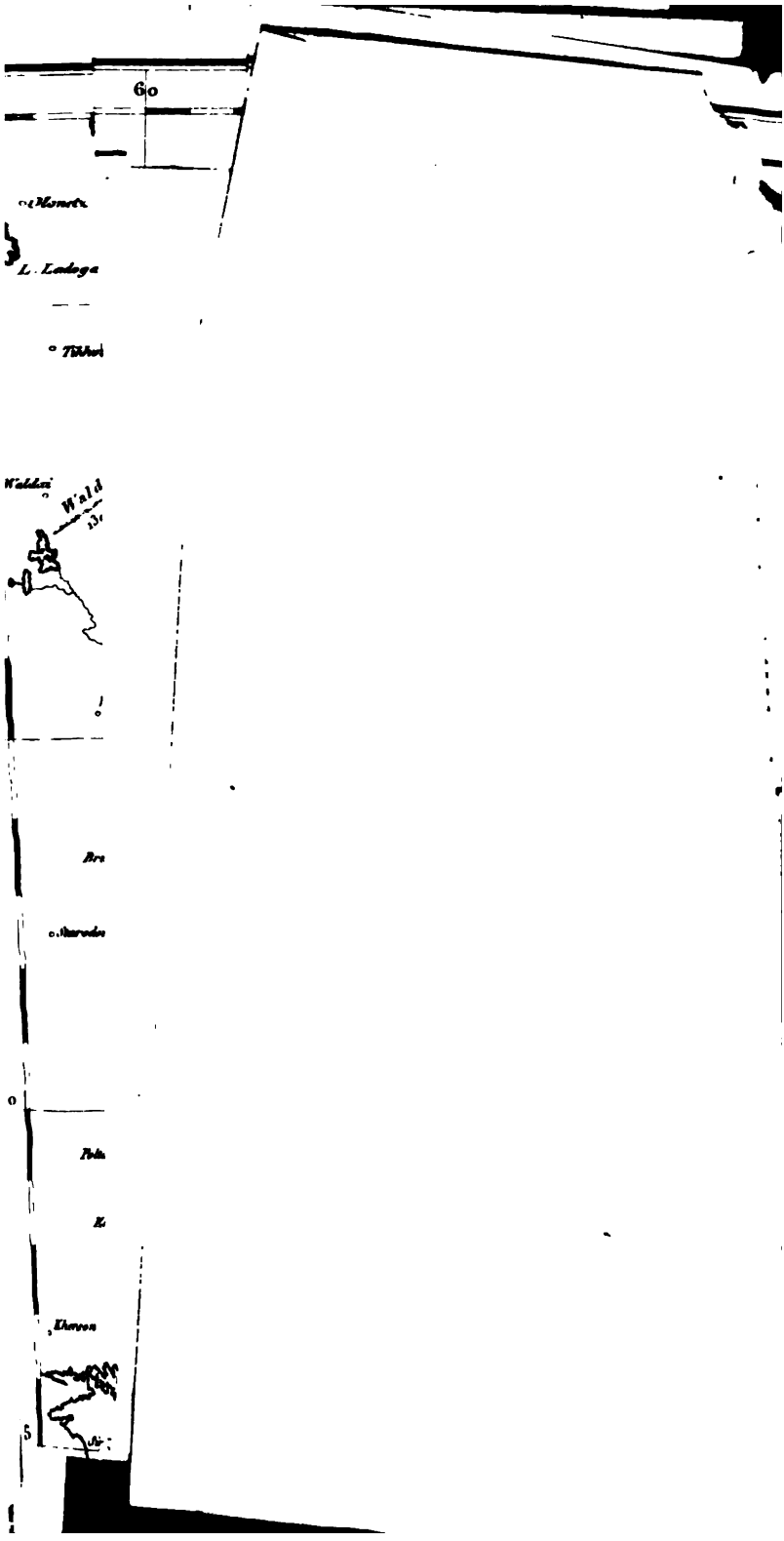
. . . . .	1; (trop élevée).	
. . . . .	2	
2 Juill.	9	
3 Août.	6	
2 -	6	
1 -	11	

HÉMISPHÈRES,

	froid.		
	6°,5 janv.	21°9 juill.	18
M	—3,4 -	17,4 août.	11

Mété, à 3° pour celle de l'hiver; qu'à Nîmes les
nds froids et les grandes chaleurs sont de 3° à 4°
qu'à mesure que l'on parvient à corriger pro-
mbservations et le mode de calcul des températures
pl
g
DE HUMBOLDT.

UNIV. OF MICH.


60
L. Ladoga
Waldai
Kherson

UNIV. OF MICH.

ASIE CENTRALE.

RECHERCHES

SUR LES

CHAINES DE MONTAGNES

ET LA CLIMATOLOGIE COMPARÉE;

PAR A. DE HUMBOLDT.

TOME TROISIÈME.

PARIS,

GIDE, LIBRAIRE-EDITEUR,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS

1843.

JNE
1926
F MICH
RARY
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03148 1966
DO NOT REMOVE
OR
MUTILATE CARD